Fécondité du maquereau bleu, *Scomber scombrus* L., du golfe du Saint-Laurent.

L. Pelletier

Direction de la Recherche sur les Pêches
Ministère des Pêches et des Océans
901 Cap Diamant, C.P. 15500
Québec, Québec G1K 7Y7

Juin 1986

Rapport technique canadien
des sciences halieutiques
et aquatiques
No. 1467

Pêches et Océans Fisheries and Oceans

Canada

88-03991/

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications complètes. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont résumés dans la revue *Résumés des sciences aquatiques et halieutiques*, et ils sont classés dans l'index annual des publications scientifiques et techniques du Ministère.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement auteur dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contributes to existing knowledge but which is not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is abstracted in *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts* and indexed in the Department's annual index to scientific and technical publications.

Numbers 1–456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457–714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715–924 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

Rapport technique canadien des
sciences halieutiques et aquatiques
No 1467

Juin 1986

Fécondité du maquereau bleu, Scomber scombrus L., du golfe du Saint-Laurent

L. Pelletier

Direction de la Recherche sur les Pêches
Ministère des Pêches et des Océans
901 Cap Diamant, C.P. 15 500
QUEBEC (Québec)
G1K 7Y7

Ministère des Approvisionnements et Services Canada 1986
No de catalogue FS 97-6/1467F ISSN 0706-6570

On devra citer la publication comme suit:

Pelletier, L. 1986. Fécondité du maquereau bleu, Scomber scombrus L., du golfe du Saint-Laurent. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 1467: v + 37 p.

TABLE DES MATIERES

Page

RESUME/ABSTRACT iv

PRÉFACE v

INTRODUCTION 1

MATERIEL ET METHODES 1

RESULTATS 2

Relation entre la fécondité et la longueur du poisson 2
Relation entre la fécondité et le poids total du maquereau de stade de maturité V 3
Relation entre la fécondité et l'âge du poisson 3
Relation entre la fécondité et le poids des ovaires de stade de maturité V 4
Importance de la date de capture sur l'aire de frai 4
Composition en fréquence de tailles des ovules pour des ovaires de stade de maturité V 5
Utilisation des ovaires de maturité IV dans l'évaluation de la fécondité 5

DISCUSSION 6

Comparaison de la fécondité potentielle des deux populations du nord-ouest Atlantique 6
Relation entre la fécondité du maquereau et la date de capture, la longueur, le poids total du poisson 6
Relation entre la fécondité et le poids des ovaires de stade de maturité V 6
Variations temporelles de la relation entre la fécondité et le poids des ovaires reliées au cycle de maturation de l'ovaire 7
Variations interannuelles de la relation entre la fécondité et le poids des ovaires de stade de maturité V 7
Variations intraannuelles de la fécondité du maquereau du golfe du Saint-Laurent 8

REMERCIEMENTS 8

BIBLIOGRAPHIE 9

TABLEAUX 10

FIGURES 18

RESUME

Pelletier, L. 1986. Fécondité du maquereau bleu, Scomber scombrus L., du golfe du Saint-Laurent. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 1467: v + 37 p.

La fécondité du maquereau bleu, Scomber scombrus L., est estimée à partir des ovaires de 214 poissons recueillis dans le golfe du Saint-Laurent au cours des années 1982, 1983, 1984 et 1985. La fécondité varie entre 87 750 et 1 610 000 oeufs par femelle. Les relations entre la fécondité et le poids des ovaires, la longueur, l'âge et le poids du poisson sont décrites. L'équation de la relation entre la fécondité et les poids des ovaires de maquereaux, sur le point de pondre, est retenue comme le meilleur outil de prédiction de la fécondité. Les résultats des quatre années d'échantillonnage mettent en évidence des variations temporelles de la fécondité entre les années ainsi qu'au cours d'une même saison de frai. Des équations incluant la date de capture du poisson sur l'aire de frai sont proposées pour estimer la fécondité du maquereau du golfe du Saint-Laurent.

ABSTRACT

Pelletier, L. 1986. Fécondité du maquereau bleu, Scomber scombrus L., du golfe du Saint-Laurent. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 1467: v + 37 p.

The fecundity of Atlantic mackerel, Scomber scombrus L., is estimated using 214 ovaries of fish collected in the Gulf of St.Lawrence in 1982, 1983, 1984 and 1985. Fecundity ranges from 87 750 to 1 610 000 eggs per female. Relationships between fecundity and ovary weight, length, age and fish weight are discussed. The equation describing the relationship between fecundity and ovary weight taken just prior to spawning produces the best fit and must therefore be selected to predict fecundity. Results of four years sampling show temporal variations in fecundity. Differences are observed between years and also within a spawning season. Equations including the date of capture on the spawning ground are proposed to estimate fecundity of Atlantic mackerel in the Gulf of St.Lawrence.

PRÉFACE

Cette étude a été réalisée par Line Pelletier dans le cadre d'un contrat de services professionnels accordé par le ministère des Pêches et des Océans. Jean-Jacques Maguire, de la Direction de la Recherche sur les pêches, a agi comme délégué scientifique.

INTRODUCTION

Le maquereau bleu, Scomber scombrus L., se retrouve dans la partie nord-ouest de l'Atlantique, de la Caroline du Nord au golfe du Saint-Laurent et dans la partie nord-est, de l'Espagne aux côtes norvégiennes. Le stock de l'Atlantique nord-ouest est composé de deux populations pour lesquelles l'aire de distribution estivale et le temps de fraie diffèrent (Sette, 1943; Moores et al., 1975). A l'aide de quelques observations, Sette (1950) évalue globalement la fécondité du stock du nord-ouest Atlantique entre 500,000 et 1,000,000 oeufs par femelle. Pour la population sud, dont l'aire de fraie s'étend de la Caroline du Nord au Massachusetts, la fécondité varie entre 285,000 et 1,980,000 oeufs (Morse, 1980) alors qu'elle varierait entre 98,000 et 680,000 oeufs pour la population nordique frayant dans le golfe du Saint- Laurent (Maguire, 1981). Les deux populations séjournant dans le même habitat pendant l'hiver et ne se séparant qu'au moment de la migration de fraie, l'important écart de la fécondité entre les deux groupes s'explique difficilement.

Le présent travail porte sur le maquereau de la population nordique de l'Atlantique nord-ouest. Les objectifs principaux sont: une réévaluation de la fécondité de la population à partir d'un échantillonnage plus représentatif; un examen des différentes relations entre la fécondité et le poids des ovaires, la longueur, l'âge et le poids total du poisson et une étude des variations temporelles, interannuelles et intraannuelles, de la fécondité estimée à partir du poids des ovaires chez le maquereau du golfe du Saint-Laurent. L'utilisation des ovaires de stade de maturité IV, selon l'échelle proposée par Parrish et Saville (1965; Tableau 1), pour l'estimation de la fécondité du maquereau est aussi discutée.

MATERIEL ET METHODES

Les deux ovaires de 228 maquereaux de la population de l'Atlantique nord-ouest ont été analysés. Les poissons proviennent de pêches commerciales effectuées dans le golfe du Saint-Laurent et sur la côte sud-est de la Nouvelle-Ecosse de mai à août au cours des années 1982, 1983, 1984 et 1985. Les poissons, congelés à leur capture, sont décongelés au bout de quatre à cinq mois pour permettre l'extraction des otolithes et des ovaires. La longueur à la fourche ainsi que le poids total de chaque poisson décongelé sont mesurés. Le stade de maturité de l'ovaire est déterminé à l'aide de l'échelle proposée par Parrish et Saville (1965; Tableau 1). Seuls les maquereaux de stade de maturité V, soit 214 poissons ont servi pour l'évaluation de la fécondité pour la population nordique. Tous les ovaires sont pesés puis, congelés à nouveau pour une période variant entre 2 mois et 2 ans. Les échantillons analysés sont répartis comme suit:

Année d'échantillonnage	Nb d'ovaires de stade de maturité IV	Nb d'ovaires de stade de maturité V
1982	-	36
1983	14	54
1984	-	58
1985	-	66

Les ovaires décongelés sont placés dans le liquide de Gilson modifié (Bagenal et Braum, 1971). Au bout de quatre à cinq semaines, les ovules sont pratiquement tous libérés de la membrane ovarienne. Les petits groupes d'ovules emprisonnés dans la matrice sont brisés manuellement ou en quelques secondes sous l'action d'un homogénéiseur. Par la suite, les ovules d'un même ovaire sont filtrés à travers un tamis de vide de maille de 120 µm afin de conserver tous ceux de

diamètre de 140 µm et plus. Selon Laprise (comm. pers.), seuls les ovules de diamètre égal ou supérieur à 140 µm posséderaient des vacuoles cytoplasmiques et du vitellus et pourraient être utilisés afin d'évaluer la fécondité potentielle du poisson pour la prochaine saison de fraie.

La fécondité est estimée au moyen de la méthode volumétrique telle que décrite par Walsh (1983). Le contenu du tamis est déposé dans un volume connu d'eau variant de 1 000 à 4 000 ml selon la dimension de l'ovaire. Le mélange est brassé à l'aide d'un agitateur magnétique et d'un barreau magnétique en forme d'étoile afin de le rendre homogène. Des sous-échantillons de 1 ml sont prélevés du mélange à l'aide d'une pipette Stempel.

Le sous-échantillon, d'abord placé dans un pétri, est déposé sur un microprojecteur. L'image des ovules, grossie environ 20 fois, est projetée sur une table digitalisante reliée à un micro-ordinateur. Un programme informatique permet de mesurer l'image projetée à l'aide du lecteur de la table, et grâce à une calibration, d'évaluer la dimension réelle de l'ovule. Tous les ovules du sous-échantillon sont comptés et le diamètre de chacun est mesuré.

Le nombre d'ovules obtenu lors du comptage du premier sous-échantillon détermine le nombre de sous-échantillons à prélever de l'ovaire pour obtenir un estimé statistiquement valable à 95% du nombre total d'ovules qu'il contient selon la table proposée par Hislop et Hall (1974). Généralement, le nombre de sous-échantillons analysés varie entre 2 et 6, et un minimum de deux sous-échantillons est pris même si un seul est jugé nécessaire. Un sous- échantillon supplémentaire est aussi analysé si, lors du comptage d'un sous-échantillon, le nombre d'ovules obtenu s'écarte de plus de 10% de la valeur moyenne des sous-échantillons de l'ovaire. La fécondité du poisson est déterminée en multipliant la valeur moyenne des sous-échantillons de l'ovaire (nombre d'ovules/ml) par le volume total de l'échantillon (ml).

L'évaluation de la fécondité par le dénombrement des ovules contenus dans l'ovaire avant la ponte n'exprime pas la fécondité absolue telle que définie par Bagenal (1973), mais plutôt une fécondité potentielle maximale qui ne tient pas compte de la résorption possible des ovocytes en voie de développement. Macer (1976), dans une étude préliminaire observe un taux de résorption des ovocytes avec vitellus pouvant aller jusqu'à 11.4%. Les valeurs de fécondité obtenues ici doivent être considérées comme des fécondités potentielles qui surestiment le nombre véritable d'oeufs relâchés lors de la ponte.

RESULTATS

La fécondité du maquereau de la population nordique de l'Atlantique nord-ouest, réévaluée dans ce travail, varie entre 87,750 et 1,610,000 oeufs par femelle. Nos résultats, ainsi que ceux des autres études portant sur la fécondité du maquereau de l'Atlantique nord, sont résumés au tableau 2.

RELATION ENTRE LA FECONDITE ET LA LONGUEUR DU POISSON

La relation entre la fécondité et la longueur du poisson de stade de maturité V pour les données des quatre années regroupées est présentée à la figure 1. La relation entre les variables semble légèrement curvilinéaire et le meilleur coefficient de corrélation linéaire de Pearson, r, est obtenu avec l'équation:

$$\text{Log } F = -2.05 + 3.02 \text{ Log Longueur (mm)}$$

$$(N = 214,\ r = .56)$$

Des variations de la fécondité sont observées à chaque longueur de poisson et sont plus particulièrement accentuées chez les poissons de grandes tailles. A l'intérieur de chaque année d'échantillonnage, d'importantes différences de la fécondité subsistent chez les poissons de longueurs égales ou supérieures à environ 390 mm, soit 58% des poissons étudiés (Fig. 2) et rendent hasardeuse l'estimation de la fécondité à partir de la longueur du poisson. L'année 1983, par exemple, dont l'échantillonnage incomplet ne couvre que des grandes tailles, ne présente pas de liaison significative entre les variables (Tableau 3). La figure 2 laisse aussi entrevoir de légères différences interannuelles de la relation qui pourraient aussi contribuer à hausser la variabilité de la fécondité associée à chaque longueur lorsque les résultats des quatre années sont regroupés.

Il est à noter que certaines distributions de données dans cette étude ne suivent pas une loi normale. Les coefficients d'associations de Spearman, r_s, accompagnent donc les coefficients de corrélation de Pearson, r, pour appuyer la significativité des liens entre les variables (Tableaux 3, 4). Pour faciliter la comparaison avec les autres études, seuls les coefficients de corrélation linéaire, r, sont discutés.

La majorité des études ont décrit la fécondité du maquereau de l'Atlantique nord en la reliant à la longueur (Lockwood, 1978; Borges et al., 1980; Morse, 1980; Iversen et Adoff, 1983; Walsh, 1983; Martins et Gordo, 1983) (Tableau 2) et les coefficients de corrélation sont généralement supérieurs à celui obtenu ici.

RELATION ENTRE LA FECONDITE ET LE POIDS TOTAL DU MAQUEREAU DE STADE DE MATURITE V

La relation entre la fécondité et le poids total du maquereau pour les quatre années d'études regroupées est illustrée à la figure 3. La variabilité de la fécondité augmente avec le poids total du poisson de stade de maturité V. Le coefficient de corrélation, r, le plus élevé, est associé à une équation linéaire de la forme F = a Poids total + b:

$$F = 960 \text{ Poids total (g)} - 65.481$$

$$(N = 214,\ r = .65)$$

A des fins de comparaisons, l'équation de la forme Log F = b + a log Poids total est présentée à la figure 3 et aux tableaux 2 et 4:

$$\text{Log } F = 2.80 + 1.04 \text{ Log Poids total (g)}$$

$$(N = 214,\ r = .62)$$

A l'intérieur de chaque année d'échantillonnage, la relation entre les variables demeure significative (Fig. 4, tableau 3). Entre les années, certaines différences dans la relation sont toutefois visibles. Par exemple, il semble que pour un poisson de poids identique, on observe généralement des fécondités plus élevées en 1985 qu'en 1982.

RELATION ENTRE LA FECONDITE ET L'AGE DU POISSON

Chez le maquereau, la fécondité tend à augmenter avec l'âge du poisson jusqu'à environ 11 ans (Fig. 5). Il est à noter que les otolithes ont été lus pour seulement 185 poissons de stade de maturité V. A chaque âge, sont associées d'importantes variations de la fécondité (Tableau 5, fig. 5). Chez les poissons de 7, 10 et 11 ans, on obtient même des coefficients de variations (C.V.) supérieurs à 40% (Tableau 5). A l'intérieur de chaque année, une importante variabilité de la fécondité se retrouve aussi à tous les âges.

Les variables sont généralement reliées de façon significative à l'exception de l'année 1983 où les faibles valeurs de fécondité observées chez les poissons très âgés peuvent expliquer ce fait (Fig. 6, tableau 3). L'équation log-log donne le meilleur coefficient de corrélation:

$$\text{Log } F = 5.37 + 0.47 \text{ Log Age}$$

$$(N = 105,\ r = .52)$$

RELATION ENTRE LA FECONDITE ET LE POIDS DES OVAIRES DE STADE DE MATURITE V

Une relation significative existe entre la fécondité et le poids des ovaires de stade de maturité V (Fig. 7). La fécondité du maquereau augmente avec le poids des ovaires. L'équation de la droite de régression entre les log des variables pour les données des quatre années d'études regroupées est:

$$\text{Log } F = 4.32 + 0.75 \text{ Log Poids ovaires (g)}$$

$$(N = 213,\ r = 0.79)$$

Le poids des ovaires est la variable la plus étroitement liée à la fécondité (Tableau 4). Tel que suggéré par Maguire (1981), le poids des ovaires est le meilleur indicateur du nombre d'ovules contenus dans l'ovaire. Théoriquement, si tous les ovules de l'ovaire étaient de même dimension et de même poids, une étroite relation linéaire entre les variables serait obtenue. Toutefois, la présence d'ovules de toutes dimensions dans l'ovaire de maquereau pourrait expliquer en partie la variabilité observée dans la relation. La relation entre la fécondité et le poids des ovaires devant être préférée aux autres paramètres étudiés pour l'estimation de la fécondité, la constance de la relation entre les variables est étudiée au cours des années.

Les relations entre la fécondité et le poids des ovaires pour chaque année échantillonnée sont présentées à la figure 8. Des variations de la fécondité entre les années sont visibles pour un même poids ovarien. Afin de faciliter la comparaison, les droites de régression entre le log de la fécondité et le log du poids des ovaires pour chacune des années sont présentées à la figure 9. Les équations sont:

1982 $\text{Log } F = 4.26 + 0.72 \text{ Log Poids ovaires}$

$(N = 35,\ r = 0.88)$

1983 $\text{Log } F = 4.52 + 0.66 \text{ Log Poids ovaires}$

$(N = 54,\ r = 0.74)$

1984 $\text{Log } F = 4.01 + 0.91 \text{ Log Poids ovaires}$

$(N = 58,\ r = 0.83)$

1985 $\text{Log } F = 4.60 + 0.65 \text{ Log Poids ovaires}$

$(N = 66,\ r = 0.83)$

Les droites de régression sont comparées entre elles à l'aide d'une analyse de covariance. Le test sur l'homogénéité des pentes n'indique pas de différence significative entre les pentes des quatre années à $0.01 \leqslant p \leqslant 0.05$ alors que l'analyse de covariance indique des différences significatives des ordonnées à l'origine entre toutes les droites sauf entre celles des années 1983 et 1985 à p 0.01 (Tableau 6).

IMPORTANCE DE LA DATE DE CAPTURE SUR L'AIRE DE FRAIE

La relation entre la fécondité et la date de capture du poisson sur l'aire de fraie est présentée à la figure 10. L'importance de la ponte diminue avec le temps au cours de la saison de fraie. Les variables sont corrélées linéairement de façon significative avec

r = -0.57 (Tableau 7). Il semble toutefois qu'un modèle linéaire, bien qu'indiquant la tendance générale de la relation (Figs 10 et 11), ne soit pas tout à fait idéal lorsque les premiers reproducteurs présents sur l'aire de fraie ne sont pas les individus à fécondités maximales comme c'est le cas pour l'année 1983. A chaque année, les variables sont correlées entre elles significativement (Tableau 8) à l'exception de l'année 1982 où le peu d'échantillons disponibles en début de saison laisse supposer que l'échantillonnage tardif ait raté l'arrivée des premiers individus sur l'aire de fraie.

Sauf pour l'année 1982, la variable poids des ovaires est reliée significativement à la date de capture sur l'aire de fraie (Tableau 8) et la relation entre les variables pour les quatre années regroupées est présentée à la figure 12. On obtient des corrélations significatives entre la taille ou l'âge du poisson et la date de capture, lorsque les résultats des quatre années sont regroupés (Tableau 7), il est cependant difficile d'y voir la relation pouvant exister entre les variables (Figs 13, 14 et 15).

COMPOSITION EN FREQUENCE DE TAILLES DES OVULES POUR DES OVAIRES DE STADE DE MATURITE V

L'examen de la composition en fréquence de diamètre des ovules contenus à l'intérieur des ovaires permet d'expliquer certaines différences de fécondités observées entre les individus semblables. La fig. 16 présente les résultats pour deux poissons de stade de maturité V capturés le même jour. Ces poissons ont des poids d'ovaires comparables, 118.5 g et 119.2 g, mais montrent des fécondités respectives de 744,000 et 457,000 oeufs. De même, la fig. 17 présente le cas où deux poissons de même fécondité, 836,000 et 812,000 oeufs, ont des poids d'ovaires de 137.6 g et 228.5 g. La taille des ovules indique de quelle façon le poids de l'ovaire peut se répartir. La présence de très gros ovules semble contribuer à hausser le poids des ovaires sans élever de façon importante la fécondité absolue. Inversement, l'abondance de petits oeufs amène une fécondité élevée pour un faible poids ovarien.

UTILISATION DES OVAIRES DE STADE DE MATURITE IV DANS L'EVALUATION DE LA FECONDITE

La figure 18 présente la relation entre la fécondité et le poids des ovaires de stade de maturité IV et V pour l'année 1983. Les valeurs de fécondité plus faibles, associées à certains ovaires de stade IV, suggèrent que des ovocytes de taille inférieure à 140 µm peuvent encore se développer, devenir matures et être relâchés lors de la saison en cours. Il peut donc y avoir un accroissement du nombre d'ovules matures lors du passage du stade IV au stade V. L'utilisation des ovaires de stade de maturité IV pour l'estimation de la fécondité peut dès lors amener à sousestimer la production d'oeufs ou inversement à surestimer le nombre de reproducteurs à partir de la production réelle d'oeufs retrouvés dans le milieu.

Les figures 19 et 20 présentent les types de distributions de fréquence de diamètres d'ovules pour des ovaires de stade de maturité IV et V rencontrées dans cette étude. Il est difficile de parler de distribution-type caractérisant chacun des stades puisqu'il n'y a pas une nette démarcation entre eux. Les ovules d'un ovaire de stade de maturité IV sont généralement moins développés. On observe que la majorité des ovules d'un ovaire de stade IV sont des diamètres inférieurs à .5 mm alors que chez un ovaire de stade V, la plupart des ovules se situent entre .3 mm et .7 mm. Par conséquent, l'utilisation du poids des ovaires de stade de maturité IV pourrait amener une variation supplémentaire pour l'estimation de la fécondité à partir du poids des ovaires chez le maquereau (Fig. 18).

DISCUSSION

COMPARAISON DE LA FECONDITE POTENTIELLE DES DEUX POPULATIONS DU NORD-OUEST ATLANTIQUE

La fécondité potentielle du maquereau de la population nordique d'après les observations de Maguire (1981) semblait inférieure à celle de la population plus au sud étudiée par Morse (1980). Cependant, les résultats du présent travail, portant sur un plus grand nombre de poissons, ont considérablement rétréci la différence de fécondité entre les deux populations. De plus, les variations interannuelles de la fécondité mises en évidence dans ce travail suggèrent que les fécondités des deux populations sont peut-être identiques. En supposant que les variations interannuelles de la fécondité affectent autant la population sud que la population nord, on pourrait penser qu'il n'y a pas de réelle distinction entre les deux populations. Rappelons que l'étude de Morse (1980) ne porte que sur une seule saison de fraie pour laquelle les valeurs de fécondités sont comparables à celles obtenues en 1985 pour la population nordique.

RELATION ENTRE LA FECONDITE DU MAQUEREAU ET LA DATE DE CAPTURE, LA LONGUEUR, LE POIDS TOTAL DU POISSON

Les travaux portant sur les diverses populations de maquereaux tentent généralement de décrire la fécondité par la relation avec la longueur ou le poids total ou somatique du poisson (Tableau 2). Les coefficients de corrélation entre les variables, obtenus dans ce travail, sont beaucoup plus faibles et ne permettent pas d'utiliser les équations comme outils de prédiction pour la fécondité à partir d'une seule variable. Ceci peut s'expliquer par le fait que la présente étude porte majoritairement sur des poissons de fortes tailles auxquelles sont associées d'importantes différences de fécondité (Figs 1 et 3). 58% des poissons échantillonnés sont de longueurs supérieures à 390 mm comparativement à environ 6% dans l'étude de Morse (1980).

La fécondité pour la population nordique du maquereau du nord-ouest Atlantique est tout de même significativement reliée au poids total et à la longueur du poisson (Tableau 4); l'utilisation d'une équation conjuguant les effets de ces variables et ceux de la date de capture peut apporter une alternative valable pour l'estimation de la fécondité lorsque le poids des ovaires ne sont pas disponibles:

Log F = 2.2 Log Longueur (mm) - 0.007 date (jour julien) + 1.21

(N = 214, r = .73)

Log F = 0.80 Log Poids total - 0.007 date (jour julien) + 4.39

(N = 214, r = .77)

RELATION ENTRE LA FECONDITE ET LE POIDS DES OVAIRES DE STADE DE MATURITE V

Chez le maquereau de la population nordique, le "poids des ovaires" est la variable la plus étroitement reliée à la fécondité (Tableau 4). L'équation de la droite de régression entre le log de la fécondité et le log du poids des ovaires doit être préférée à toute autre dans l'estimation de la fécondité à partir d'un seul paramètre:

Log F = 4.32 + 0.75 Log Poids ovaires (g)

(N = 213, r = .79)

Un coefficient de variation (C.V.) de 2.18% est associé à l'équation. La fécondité augmente avec le poids des ovaires. On note

aussi que les différences de fécondité associées à un poids ovarien augmentent avec le poids des ovaires (Fig. 7). Tel que mis en évidence dans ce travail, la variabilité intrinsèque de la fécondité semble s'expliquer principalement par la condition du poisson, la taille, l'âge ou encore par la date de capture. L'étude des variations temporelles de la relation entre la fécondité et le poids des ovaires apporte toutefois des informations complémentaires contribuant à expliquer des variations de la fécondité observées pour un même poids ovarien.

Variations temporelles de la relation entre la fécondité et le poids des ovaires reliées au cycle de maturation de l'ovaire

Le cycle de maturation des ovaires chez le maquereau permettrait d'expliquer des différences de fécondité observés entre des individus semblables pour lesquels la date de capture et les facteurs de conditions sont pratiquement identiques. Le maquereau est un "frayeur multiple" qui relâche ses oeufs en plusieurs pontes au cours de la saison de frai (Sara, 1960; Morse, 1980). Chez un ovaire mature, on peut donc retrouver plusieurs modes dans la distribution de fréquences de tailles des ovules (Figs 16, 17 et 19). L'apparition d'un deuxième mode formé de gros ovules, correspondant au premier groupe d'oeufs à libérer, contribuera à augmenter le poids de l'ovaire de façon importante en n'élevant que légèrement la fécondité. Inversement dans le cas d'un seul mode, l'abondance de petits ovules impliquera une fécondité élevée pour un poids ovarien faible. Des individus quasi semblables peuvent donc présenter des fécondités différentes selon le degré de maturation de leurs ovules. Par conséquent, dans le cycle de maturation des ovaires chez le maquereau, le moment à partir duquel la fécondité est évaluée d'après le poids ovarien introduit une source de variation dans l'estimation de la fécondité.

L'utilisateur de l'équation proposée pour prédire la fécondité du maquereau s'assurera une marge de sécurité dans l'évaluation de la production totale d'oeufs du stock puisque la fécondité, évaluée à partir du poids des ovaires pour cette espèce, pourra être sousestimée dans le cas d'un seul mode ou surestimée dans le cas de plusieurs. De même, l'utilisation des ovaires de stade de maturité IV, contenant beaucoup de très petits oeufs pour un faible poids ovarien, amène une variation supplémentaire dans l'estimation de la fécondité qu'il semble préférable d'éviter.

Variations interannuelles de la relation entre la fécondité et le poids des ovaires de stade de maturité V

Des variations interannuelles de la relation entre la fécondité et le poids des ovaires sont révélées lors de l'analyse de covariance. A l'exception des 1983 et 1985, il semble que généralement, on devrait s'attendre à des fécondités légèrement différentes à chaque année pour un même poids ovarien. Ces fluctuations interannuelles de la fécondité suggèrent l'influence de facteurs physiologiques et/ou environnementaux pouvant jouer différemment à chaque année sur le nombre d'ovules produits par la femelle. Néanmoins, il est possible que les différences interannuelles de la relation entre la fécondité et le poids des ovaires soient aussi partiellement attribuables à des échantillonnages différents entre les années. Par exemple, l'échantillonnage tardif de l'année 1982 ne récolte que des petits poissons auxquels sont toujours associées de faibles valeurs de fécondité. L'allure de la droite de régression de l'année 1982 (Fig. 9) serait sûrement modifiée, de même que l'écart entre les années serait réduit si les gros poissons présents sur l'aire de frai tôt en saison avaient été échantillonnés. La qualité de l'échantillonnage variant à chaque année a certainement exagéré l'importance des différences interannuelles.

Variations intraannuelles de la fécondité du maquereau du golfe du Saint-Laurent

Les résultats révèlent l'existence de variations intraannuelles de la fécondité, soit au cours d'une même saison de fraie. Selon la date à laquelle s'effectue l'échantillonnage, les fécondités potentielles des poissons varient. De façon générale, les individus à forte fécondité sont présents plus tôt en saison sur l'aire de fraie, dès la fin de mai ou le début de juin, et l'importance potentielle de la ponte chez les individus diminue au cours de la saison. Une pêche intensive sur l'aire de fraie à ce moment aurait pour effet de soustraire la ponte des plus importants reproducteurs de la population. Le lien unissant la fécondité et la date d'échantillonnage amène à proposer une nouvelle équation incluant la variable "date de capture du poisson" (selon le calendrier julien) associée au poids des ovaires qui améliore la qualité de l'estimation pour la fécondité:

$$\text{Log } F = 0.61 \text{ Log Poids ovaires} - 0.004 \text{ date (jour julien)} + 5.33$$

$$(N = 213,\ r = .84)$$

Quelques hypothèses tentent d'expliquer l'ordre d'arrivée des maquereaux de la population nordique sur l'aire de fraie. Mackay (1967) observe que les maquereaux de fortes tailles arrivent les premiers sur les côtes de la Nouvelle-Ecosse expliquant ce fait par la vitesse de nage supérieure chez les gros poissons. Moores et al. (1975), par l'étude de la composition d'âge des poissons au sud-est de Terre-Neuve, trouve que les individus les plus âgés pondent plus tôt. Le présent travail montre aussi des corrélations significatives entre la taille ou l'âge du poisson de stade V et la date de capture sur l'aire de fraie (Figures 13, 14, 15, tableau 7). Toutefois, des corrélations plus fortes sont obtenues entre le poids des ovaires ou le nombre d'oeufs contenus dans l'ovaire et la date (Figures 10, 12, tableau 7). Toutes les variables étant interreliées, une étude des taux de corrélations partielles permettrait d'interpréter les véritables liens entre chacune des variables et la date de capture. La prédominance des derniers facteurs pourrait peut-être suggérer qu'en plus de la vitesse ou de l'âge du poisson, l'importance potentielle de la ponte joue un rôle dans l'ordre d'arrivée des poissons.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier le personnel de la Section maquereau de la Division des Sciences halieutiques du Ministère des Pêches et des Océans: Benoit Mercille pour le support technique lors de l'élaboration du projet et pour ses corrections et suggestions lors de la rédaction; François Grégoire pour l'aide et les conseils reliés à l'utilisation de l'ordinateur ainsi que l'aide à la préparation d'échantillons. Je désire aussi exprimer ma reconnaissance à Jean-Jacques Maguire pour la confiance qu'il m'a accordée tout au long du travail.

Je remercie également Lionel Corriveau pour son travail à la préparation de la couverture et des figures, ainsi que Diane St-Laurent et Lise Faucher pour leur travail de dactylographie.

Les deux réviseurs pour ce travail ont été Patrick Ouellet de la Direction de la Recherche sur les pêches et Yvan Lambert du département de biologie de l'Université Laval. La pertinence de leurs commentaires et suggestions a grandement contribué à améliorer ce rapport. Je les en remercie.

BIBLIOGRAPHIE

Bagenal, T.B. et E. Braum. 1971. In: W.E. Ricker [ed.]. Methods for assessment of fish production in freshwaters. IBP Handbook no. 3, 2 ed., Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh. 348 p.

Bagenal, T.B. 1973. Fish fecundity and its relation with stock and recruitement. ICES. Rapport P.V. Réun. Cons. perm. Int. Explor. Mer 164: 186-198.

Borges, M.F., S.A. Iversen et O. Dahl. 1980. On fecundity of North Sea mackerel (Scomber scombrus). ICES C.M. 1980/H: 47. 7 p.

Hislop, J.R.G. et W.B. Hall. 1974. The fecundity of whiting, Merlangus merlangus L., in North Sea, the Minch and at Iceland. J. Cons. 36: 42-49.

Iversen, S.A. et G.R. Adoff. 1983. Fecundity observations on mackerel from the norwegian coast. ICES C.M. 1983/H: 45.

Loockwood, S.J. 1978. The fecundity of mackerel, Scomber scombrus L. ICES C.M. 1978/H: 9.

Macer, C.T. 1976. Observation on the maturity and fecundity of mackerel (Scomber scombrus L.). ICES Doc. C.M. 1976/H: 6.

Mackay, K.T. 1967. An ecological study of mackerel, Scomber scombrus (Linnaeus), in the coastal waters of Canada. Fish. Res. Board Can. Tech. Rep. 31: 127 p.

Maguire, J.J. 1981. Maturité, fécondité, ponte et évaluation de la taille du stock reproducteur du maquereau atlantique (Scomber scombrus) dans le golfe du Saint-Laurent. Thèse de M. Sc., Université Laval, Québec, 137 p.

Martins, M.B. et L.S. Gordo. 1983. On the fecundity of mackerel (Scomber scombrus L.) from the west continental coast of Portugal. ICES C.M. 1983/H: 41.

Moores, J.A., G.H. Winters et L.S. Parsons. 1975. Migrations and biological characteristics of Atlantic mackerel (Scomber scombrus) occurring in Newfoundland waters. J. Fish. Res. Board Can. 32: 1347-1357.

Morse, W.M. 1980. Spawning and fecundity of Atlantic mackerel, Scomber scombrus, in the middle Atlantic bight. Fish. Bull. 78: 103-108.

Parrish, B.B. et A. Saville. 1965. The biology of the northeast Atlantic herring populations. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 3.

Sette, O.E. 1943. Biology of Atlantic mackerel (Scomber scombrus) of North America. Part I: Early life history, including growth, drift and mortality of eggs and larval population. U.S. Fish. Wildl. Serv., Fish. Bull. 50: 149-237.

Sette, O.E. 1950. Biology of Atlantic mackerel (Scomber scombrus) of North America. Part II: Migrations and habits. U.S. Fish. Wildl. Serv., Fish. Bull. 51: 251-358.

Walsh, M. 1983. Investigations on fecundity of North Sea mackerel. ICES C.M. 1983/H: 48.

Tableau 1: Échelle pour la détermination des stades de maturité des ovaires adaptée de Parrish et Saville (1965).

Stade	Définition
1	Maquereau vierge. Les gonades sont très petites, filiformes et de 2 à 3 mm de large. Les ovaires sont rouge vin. Les testicules sont blanchâtres ou gris-brun.
2	Maquereau vierge avec des petits organes sexuels. L'épaisseur des ovaires et des testicules varie de 3 à 8 mm. Les ovules ne sont pas visibles à l'oeil nu mais on peut les déceler à l'aide d'un verre grossisant. Les ovaires sont rouge vif, les testicules gris rougeâtre.
3	Maquereau en maturation. Les gonades occupent approximativement la moitié de la cavité abdominale. Les organes sexuels ont entre 1 et 2 cm de large. Les ovules sont petits mais sont visibles à l'oeil nu. Les ovaires sont orangés, les testicules gris rougeâtre ou grisâtres.
4	Maturation plus avancée. Les gonades sont presque aussi longues que la cavité abdominale. Les ovules sont plus gros qu'au stade précédent, ils sont opaques et de tailles différentes. Les ovaires sont orangés ou jaune pâle, les testicules blanchâtres.
5	Maquereau sur le point de pondre. Les gonades remplissent la cavité abdominale. Les ovules sont gros et ronds, quelques-uns sont transparents. Les ovaires sont jaunâtres, les testicules d'un blanc laiteux. Les ovules et la laitance ne s'écoulent pas librement, mais une pression sur l'abdomen sera suffisante pour les en expulser.
6	Maquereau mature, en train de pondre. Les ovules sont transparents et les testicules blancs. Les ovules et la laitance s'écoulent librement.
7	Maquereau en fin de ponte. Les gonades forment des poches boursouflées et sont injectées de sang. Les ovaires sont vides ou ne contiennent que quelques ovules résiduaires. Les testicules peuvent contenir des restes de laitance.
8	Maquereau en récupération. Les ovaires et les testicules sont fermes et plus gros que ceux des poissons vierges de stade 2. Les ovules ne sont pas visibles à l'oeil nu. Les parois des gonades sont striées et les vaisseaux sanguins sont très apparents. Les gonades sont rouge vin. Les poissons passent de ce stade au stade 3.

Tableau 2: Tableau comparatif des études de fécondités du maquereau (Scomber scombrus) pour diverses populations.

Auteurs	Endroit	N	Longueur des poissons (cm)	Fécondité (X 10^3)	Fécondité-longueur	Fécondité-poids	Fécondité-âge	Fécondité-poids ovarien
Borges et Al. (1980)	Mer du nord	15	36.5 - 45.0	140 - 360	F = 11,543.59 L - 259,474 r = 0.512			
Iversen et Adoff (1983)	Mer du nord	67	34 - 45	168 - 504	F = 1.35 $L^{3.6}$ r = 0.80	F = 560 $Poids^{1.14}$ r = 0.82		
Walsh (1983)	Mer du nord	64	35 - 46	232 - 1,120	F = 0.00311 $L^{3.169}$ r = 0.52	F = 1942 + 1062 Poids		
Macer (1976)	Mer celtique	43	28.5 - 40.5	88 - 541				
Lockwood (1978)	Mer celtique	45	34 - 45	255 - 1,025	F = 0.04 $L^{4.48}$			
Martins et Gordo (1983)	Eaux portugaises	77	29.5 - 46.9	207 - 1,431	F = 21,39 $L^{2.892}$ r = 0.9696	F = 14,237.06 $Poids^{0.6597}$ r = 0.9573	F = 387,092.3 $Age^{0.5035}$ r = 0.9295	
Morse (1980)	Atlantique Nord-ouest (population sud)	218	30.7 - 43.8	285 - 1,980	Log F = -8.346 + 5.544 Log L r = 0.877	Log F = 1.721 + 1.547 log Poids* r = 0.813	Log F = 5.264 + 0.840 Log A r = 0.756	
Présent travail (1986)	Atlantique Nord-ouest (population nord)		29.6 - 44.0	87.7 - 1,610	Log F = -2.05 + 3.02 Log L r = .56	Log F = 2.80 + 1.04 Log Pds total r = .62	Log F = 5.37 + 0.47 Log A r = .52	Log F = 4.32 + 0.75 Log Poids ovaires r = .79

*Poids somatique du poisson

Tableau 3: Coefficients de corrélation linéaire de Pearson (r) (partie supérieure à la diagonale) et coefficients d'association de Spearman (r_s) (partie inférieure à la diagonale) pour les années 1982, 1983, 1984 et 1985.

1982

	Log Fécondité	Log Pds total	Log Pds ovaires	Log Longueur	Log Age
Log Fécondité		0.61**	0.88**	0.52**	0.43**
Log Pds total	0.58**		0.65**	0.91**	0.85**
Log Pds ovaires	0.86**	0.64**		0.53**	0.52**
Log Longueur	0.41*	0.89**	0.46**		0.90**
Log Age	0.44**	0.85**	0.52**	0.91**	

1983

	Log Fécondité	Log Pds total	Log Pds ovaires	Log Longueur	Log Age
Log Fécondité		0.52**	0.74**	0.14	0.29
Log Pds total	0.59**		0.80**	0.48**	0.67**
Log Pds ovaires	0.72**	0.82**		0.25	0.46**
Log Longueur	0.35**	0.68**	0.41**		0.59**
Log Age	0.33*	0.49**	0.35*	0.68**	

1984

	Log Fécondité	Log Pds total	Log Pds ovaires	Log Longueur	Log Age
Log Fécondité		0.70**	0.83**	0.68**	0.57**
Log Pds total	0.70**		0.83**	0.96**	0.89**
Log Pds ovaires	0.86**	0.83**		0.76**	0.72**
Log Longueur	0.63**	0.90**	0.72**		0.91**
Log Age	0.62**	0.85**	0.69**	0.91**	

1985

	Log Fécondité	Log Pds total	Log Pds ovaires	Log Longueur	Log Age
Log Fécondité		0.83**	0.83**	0.71**	0.66**
Log Pds total	0.83**		0.85**	0.93**	0.83**
Log Pds ovaires	0.84**	0.84**		0.75**	0.70**
Log Longueur	0.72**	0.92**	0.75**		0.84**
Log Age	0.61*	0.83**	0.67**	0.86**	

* $0.01 \leqslant p \leqslant 0.05$
** $p \leqslant 0.01$

Tableau 4: Coefficients de corrélation linéaire de Pearson (r) (partie supérieure à la diagonale) et coefficients d'association de Spearman (r_s) (partie inférieure à la diagonale) pour les quatre années d'études.

	Log Fécondité	Log Poids total	Log Pds ovaires	Log Longueur	Log Age
Log Fécondité		0.62**	0.79**	0.56**	0.52**
Log Poids total	0.66**		0.79**	0.88**	0.81**
Log Poids ovaires	0.78**	0.79**		0.65**	0.61**
Log Longueur	0.58**	0.87**	0.63**		0.84**
Log Age	0.54**	0.82**	0.62**	0.86**	

** $p \leqslant 0.01$

Tableau 5: Fécondités moyennes et coefficients de variation associés à chaque âge.

Age	N	Fécondité moy. observée	Fécondité min. observée	Fécondité max. observée	C.V. (%)
2	7	280,769	143,333	419,000	33.4
3	30	405,707	87,750	768,000	35.2
4	35	543,985	216,667	838,000	29.2
5	11	561,970	378,000	882,000	28.4
6	15	565,467	241,500	796,000	30.8
7	10	640,015	251,400	1,084,000	47.2
8	10	687,400	457,333	1,024,000	28.0
9	23	676,466	296,000	1,072,000	32.7
10	22	760,771	150,400	1,380,000	41.2
11	10	950,375	204,500	1,610,000	44.7
12	6	857,833	483,000	1,136,000	29.3
13	3	768,889	702,666	812,000	7.5
14	2	866,000	836,000	896,000	4.9

Tableau 6: Valeurs des probabilités p du test de covariance entre les années 1982, 1983, 1984 et 1985 de la relation entre le log de la fécondité et le log du poids des ovaires.

	1982	1983	1984	1985
1982		0.0001*	0.0001**	0.0001**
1983			0.0001**	0.2564
1984				0.0001**
1985				

** $p \leqslant 0.01$

Tableau 7: Coefficients de corrélation linéaire de Pearson, r, et coefficients d'association de Spearman, r_s, entre les variables biologiques et la date de capture du poisson sur l'aire de fraie.

		Fécondité	Poids des ovaires	Poids total	Longueur	Age
Date	r	-0.57**	-0.40**	-0.31**	-0.31**	-0.27**
	r_s	-0.61**	-0.48**	-0.36**	-0.34**	-0.29**

** $p \leqslant 0.01$

Tableau 8: Coefficients de corrélation linéaire de Pearson, r, et coefficients d'association de Spearman r_s pour les années 1982, 1983, 1984 et 1985 entre les variables biologiques et la date de capture du poisson sur l'aire de frai.

1982

		Fécondité	Poids ovaires	Poids total	Longueur	Age
Date	r	-0.28	-0.16	-0.12	-0.14	-0.05
	r_s	-0.32	-0.21	-0.38*	-0.36*	-0.24

1983

		Fécondité	Poids ovaires	Poids total	Longueur	Age
Date	r	-0.38**	-0.62**	-0.41**	-0.08	-0.15
	r_s	-0.35**	-0.51**	-0.39**	-0.12	-0.11

1984

		Fécondité	Poids ovaires	Poids total	Longueur	Age
Date	r	-0.74**	-0.55**	-0.41**	-0.42**	-0.33**
	r_s	-0.73**	-0.56**	-0.39**	-0.35**	-0.33**

1985

		Fécondité	Poids ovaires	Poids total	Longueur	Age
Date	r	-0.45**	-0.34**	-0.35**	-0.31**	-0.39**
	r_s	-0.53**	-0.50**	-0.40**	-0.36**	-0.36**

* $0.01 \leqslant p \leqslant 0.05$
** $p \leqslant 0.01$

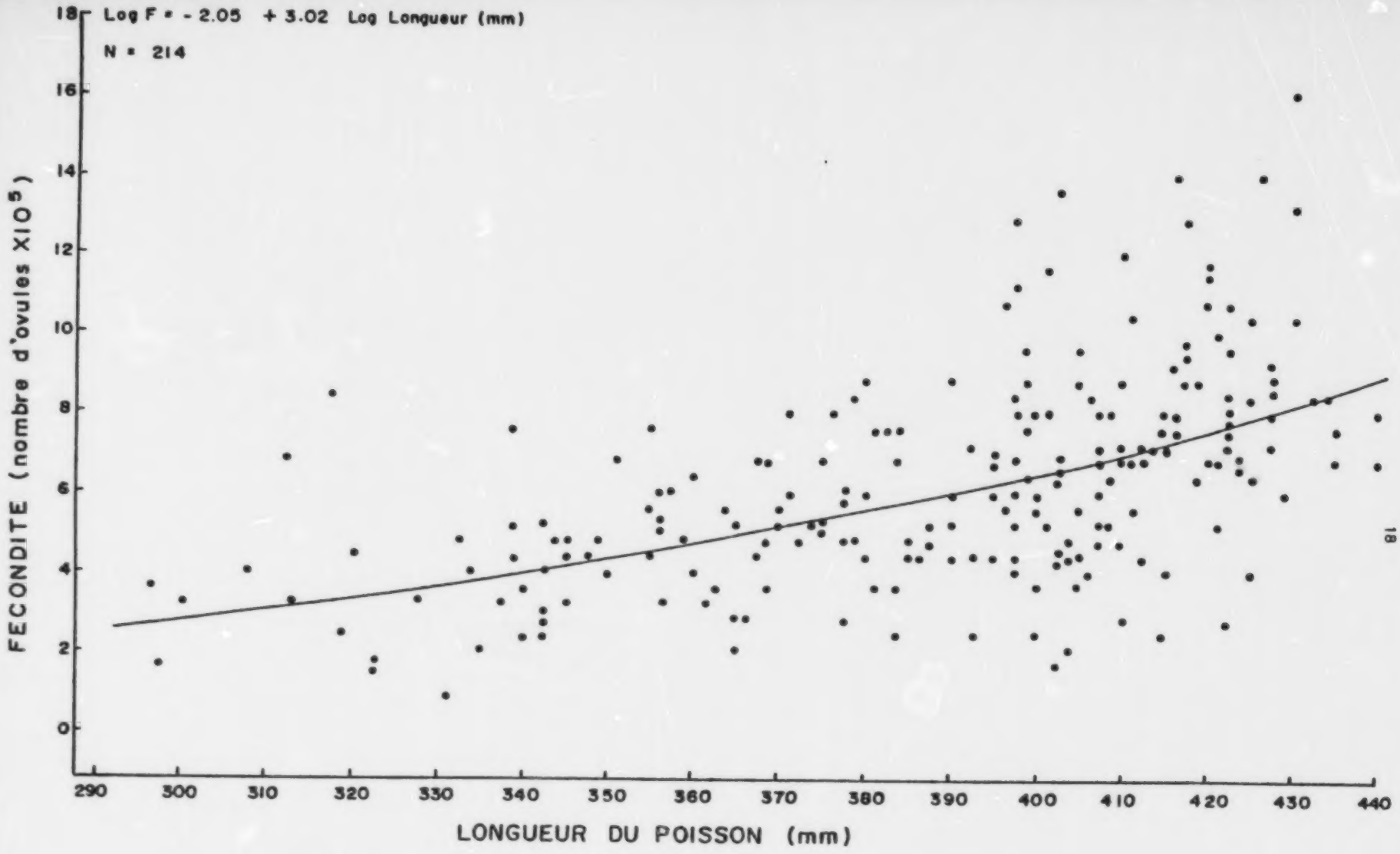

Fig. 1 Relation entre la fécondité et la longueur du poisson de stade de maturité V pour les quatre années d'études regroupées.

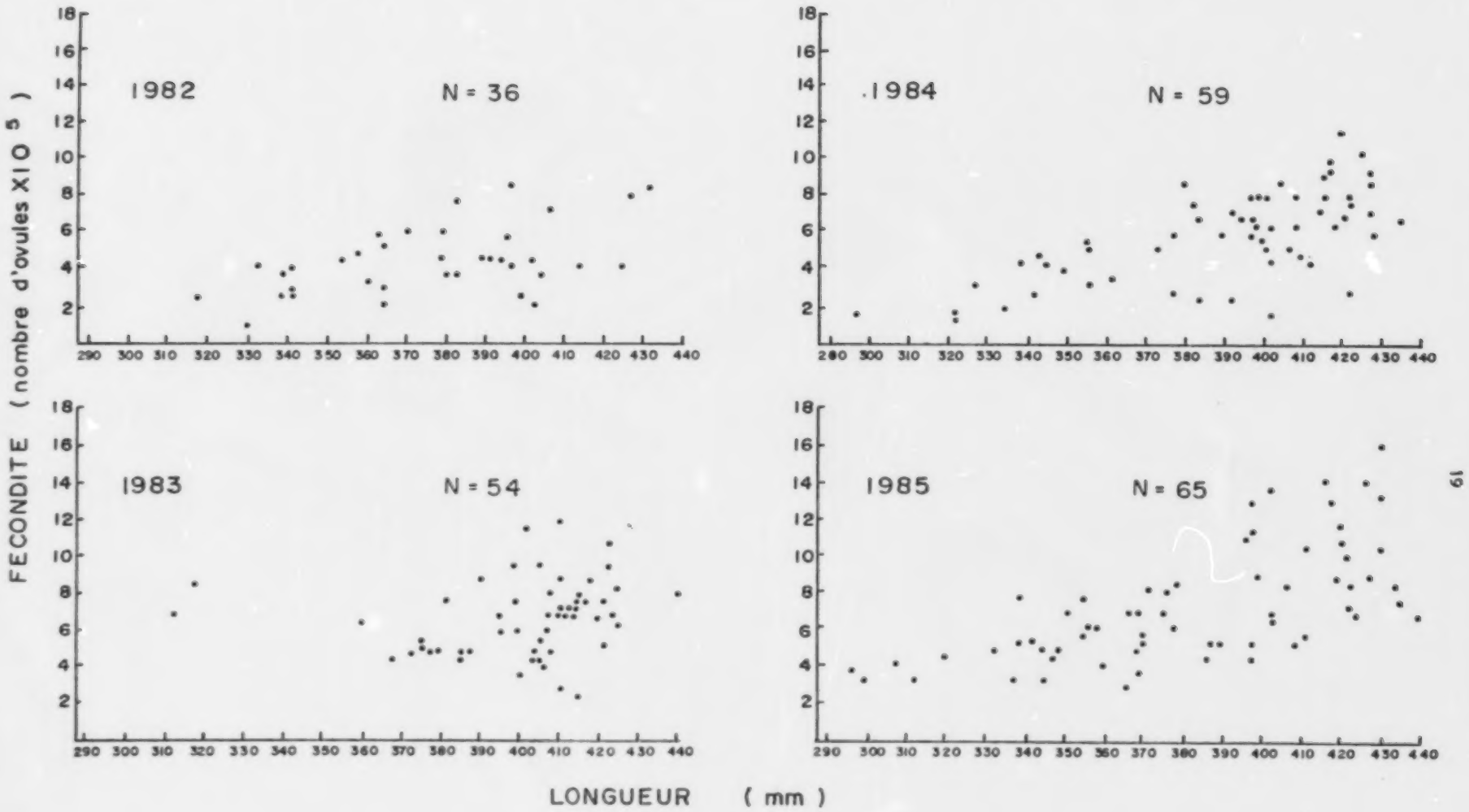

Fig. 2 Relation entre la fécondité et la longueur du poisson de stade de maturité V pour les années 1982, 1983, 1984 et 1985.

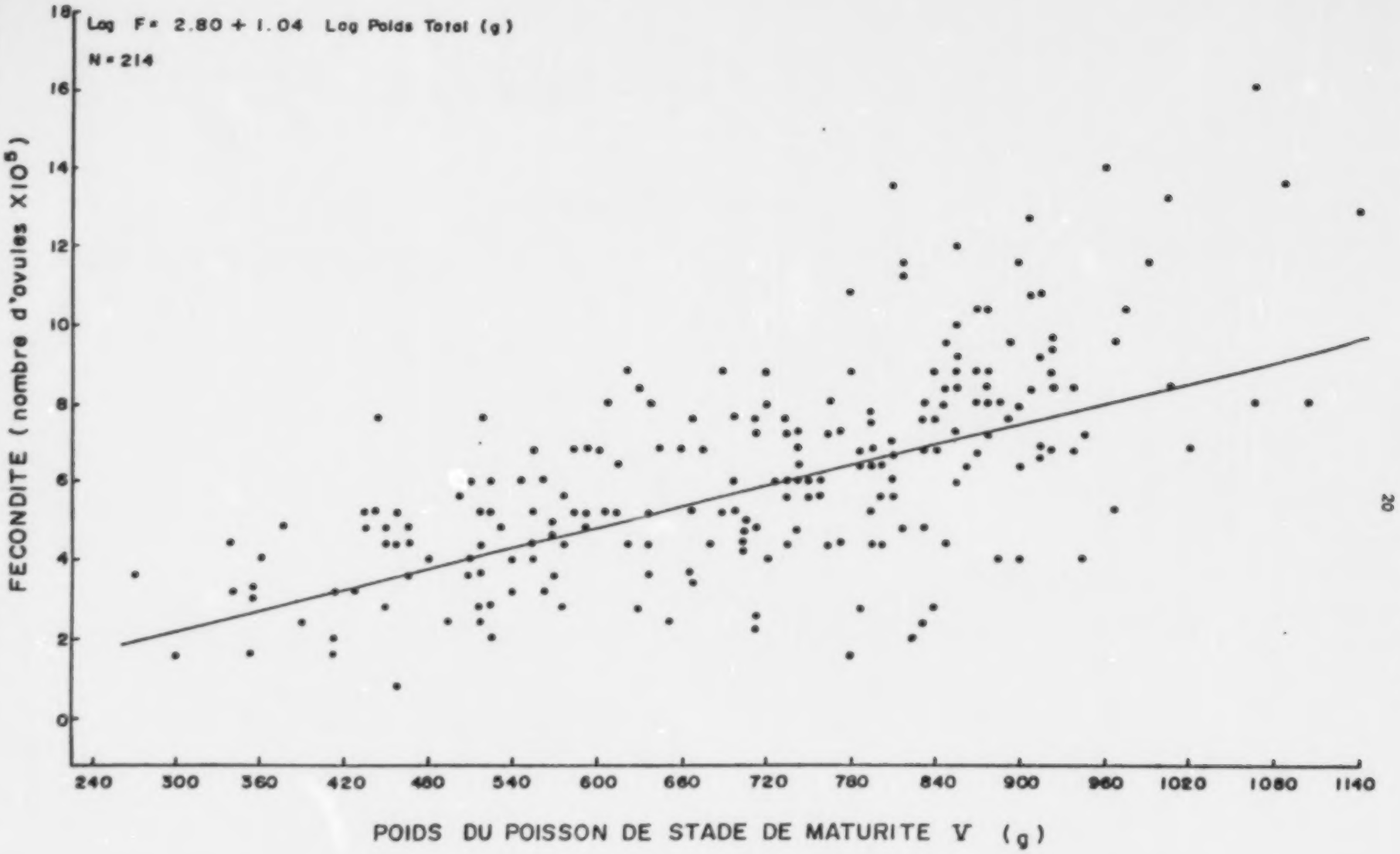

Fig. 3 Relation entre la fécondité et le poids total du poisson au stade de maturité V pour les quatre années d'études regroupées.

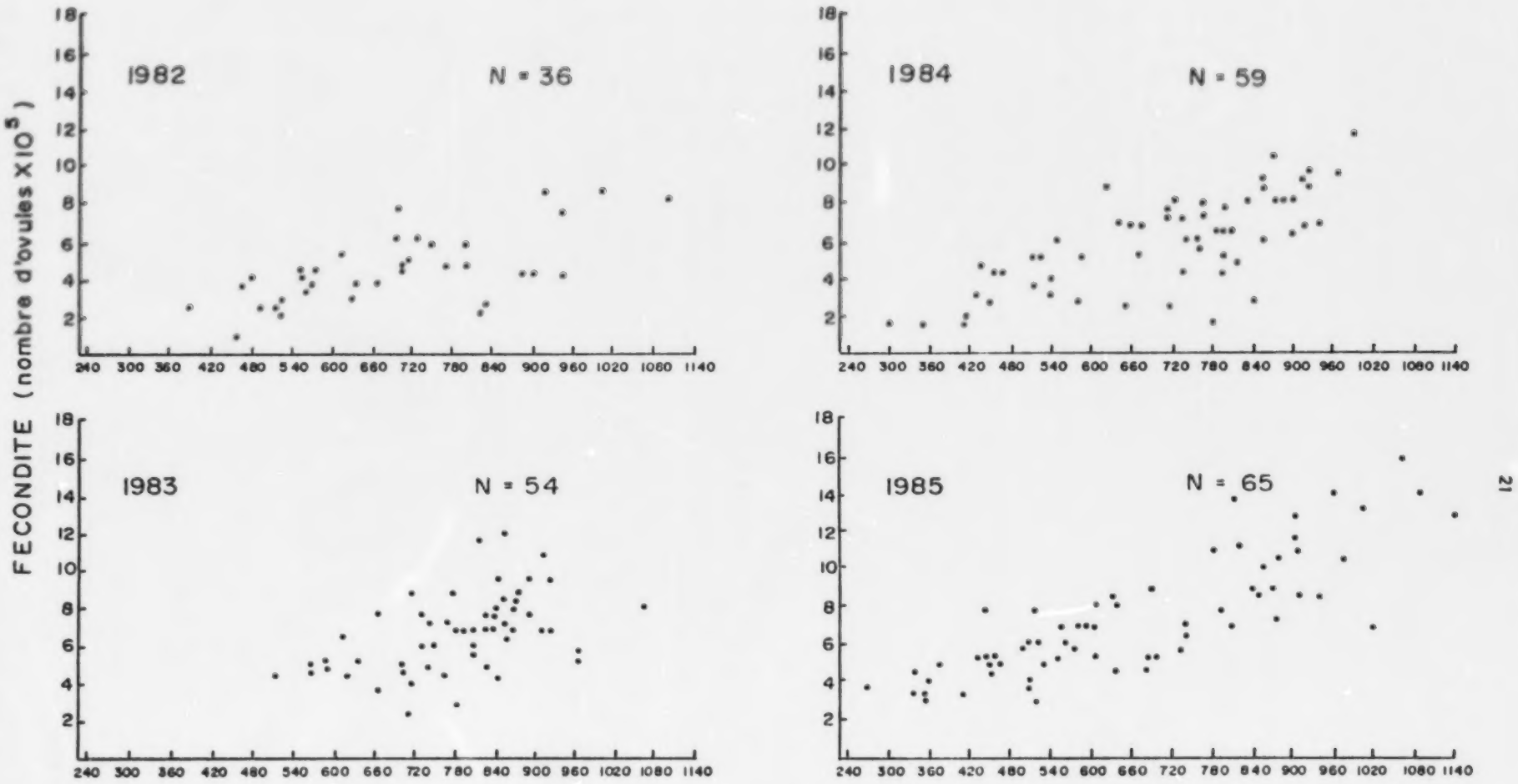

Fig. 4 Relation entre la fécondité et le poids total du poisson de stade de maturité V pour les années 1982, 1983, 1984 et 1985.

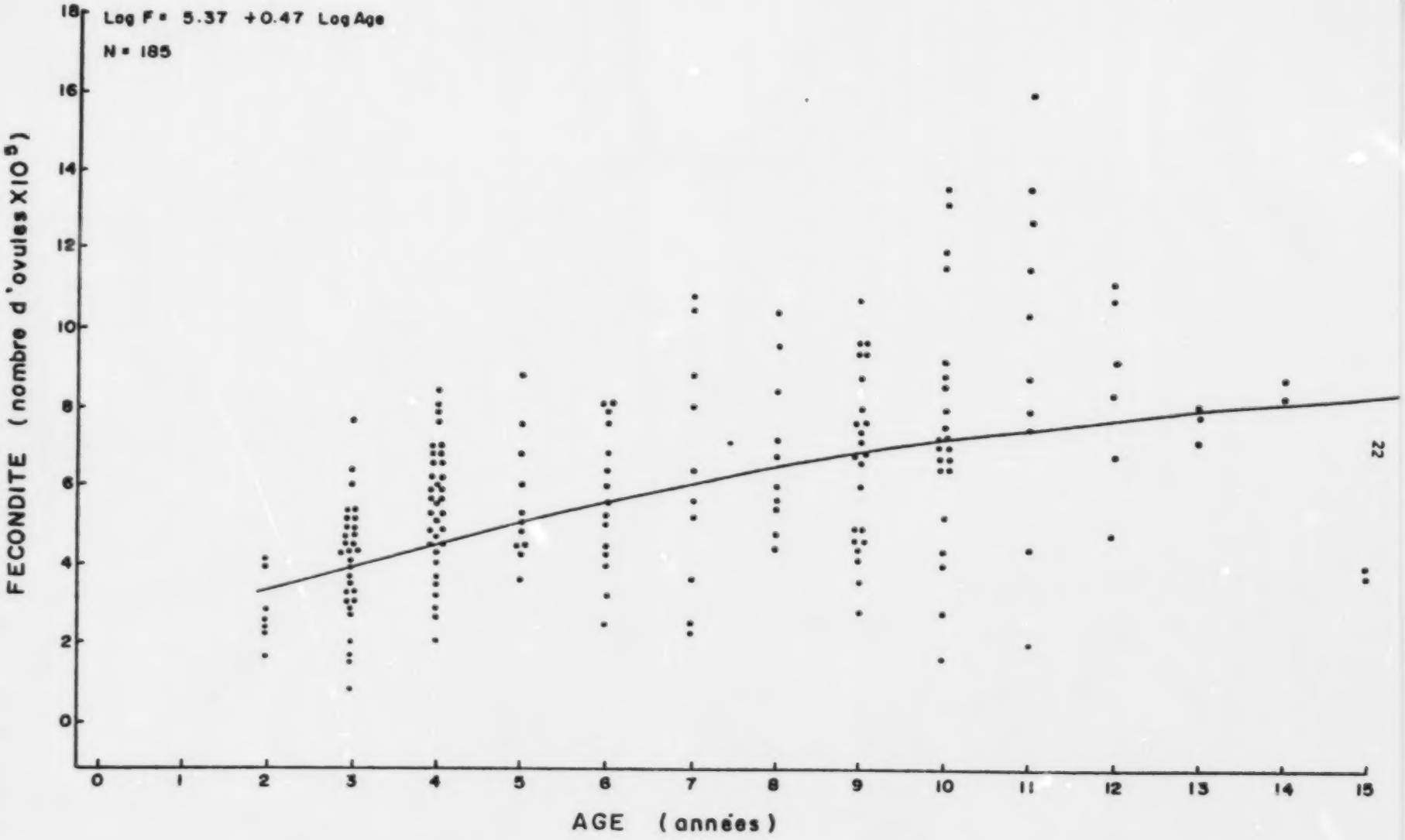

Fig. 5 Relation entre la fécondité et l'âge du poisson de stade de maturité V pour les quatre années d'études regroupées.

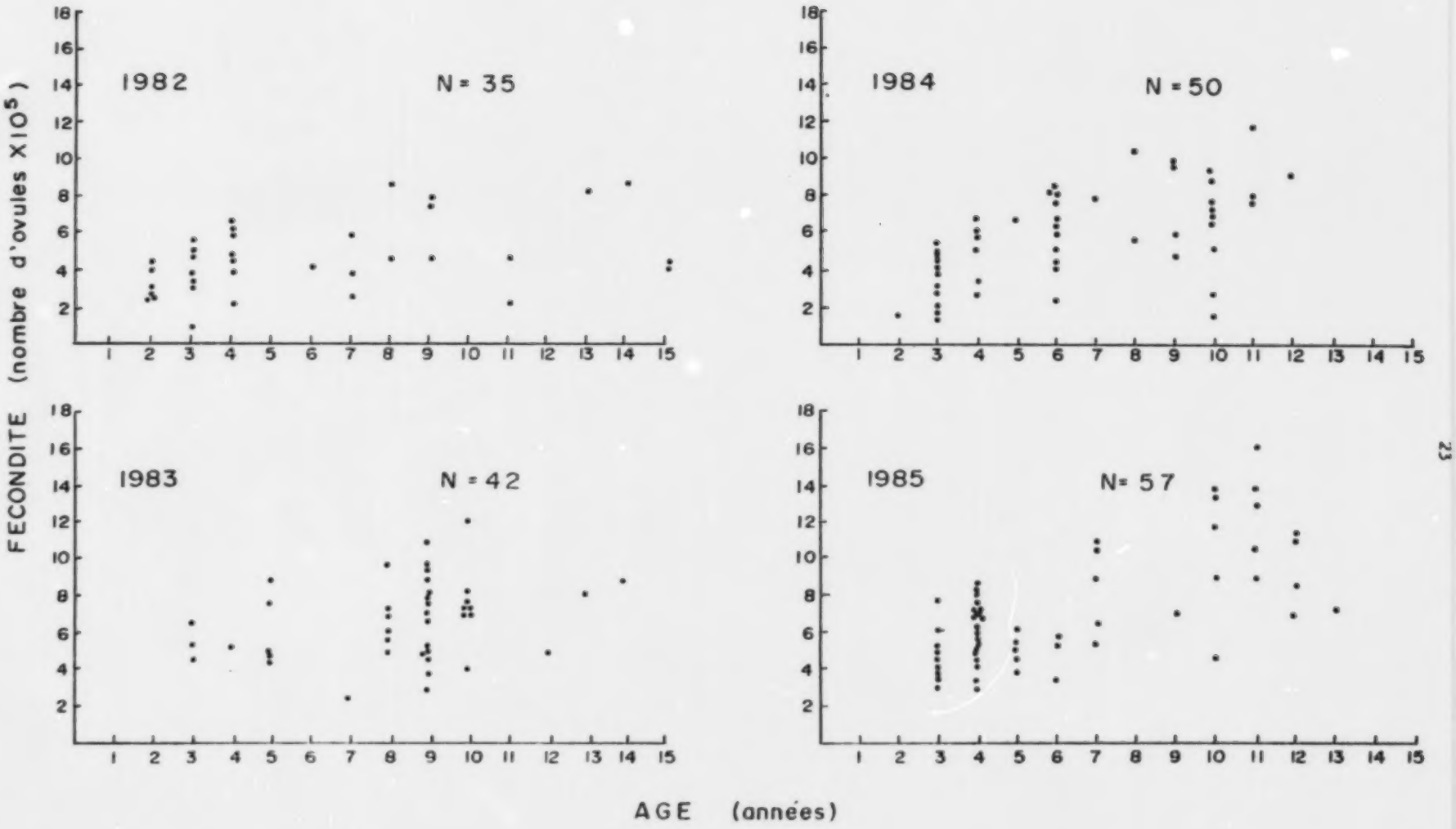

Fig. 6 Relation entre la fécondité et l'âge du poisson de stade de maturité V pour les années 1982, 1983, 1984 et 1985.

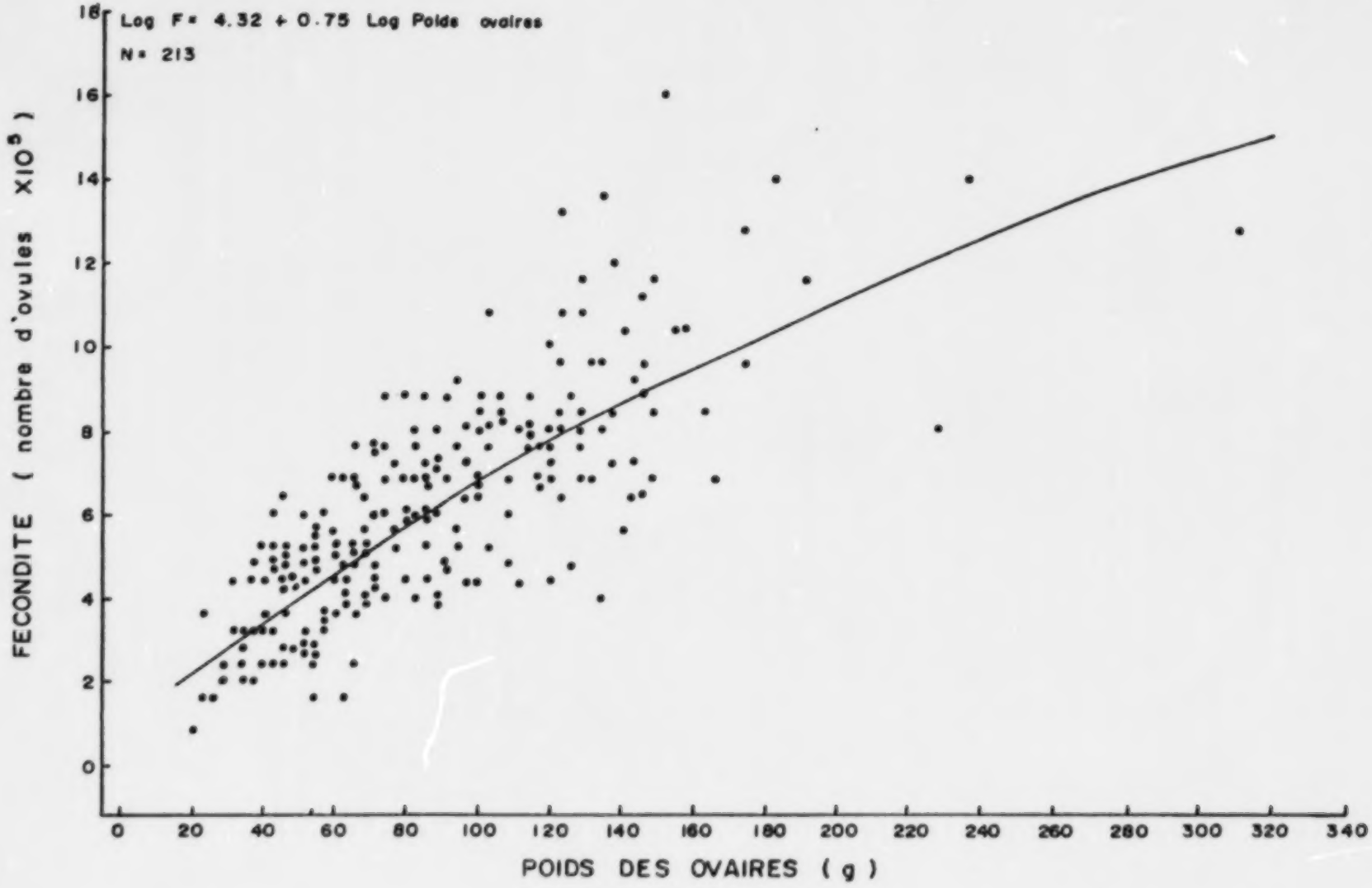

Fig. 7 Relation entre la fécondité et le poids des ovaires du stade de maturité V pour les quatre années regroupées.

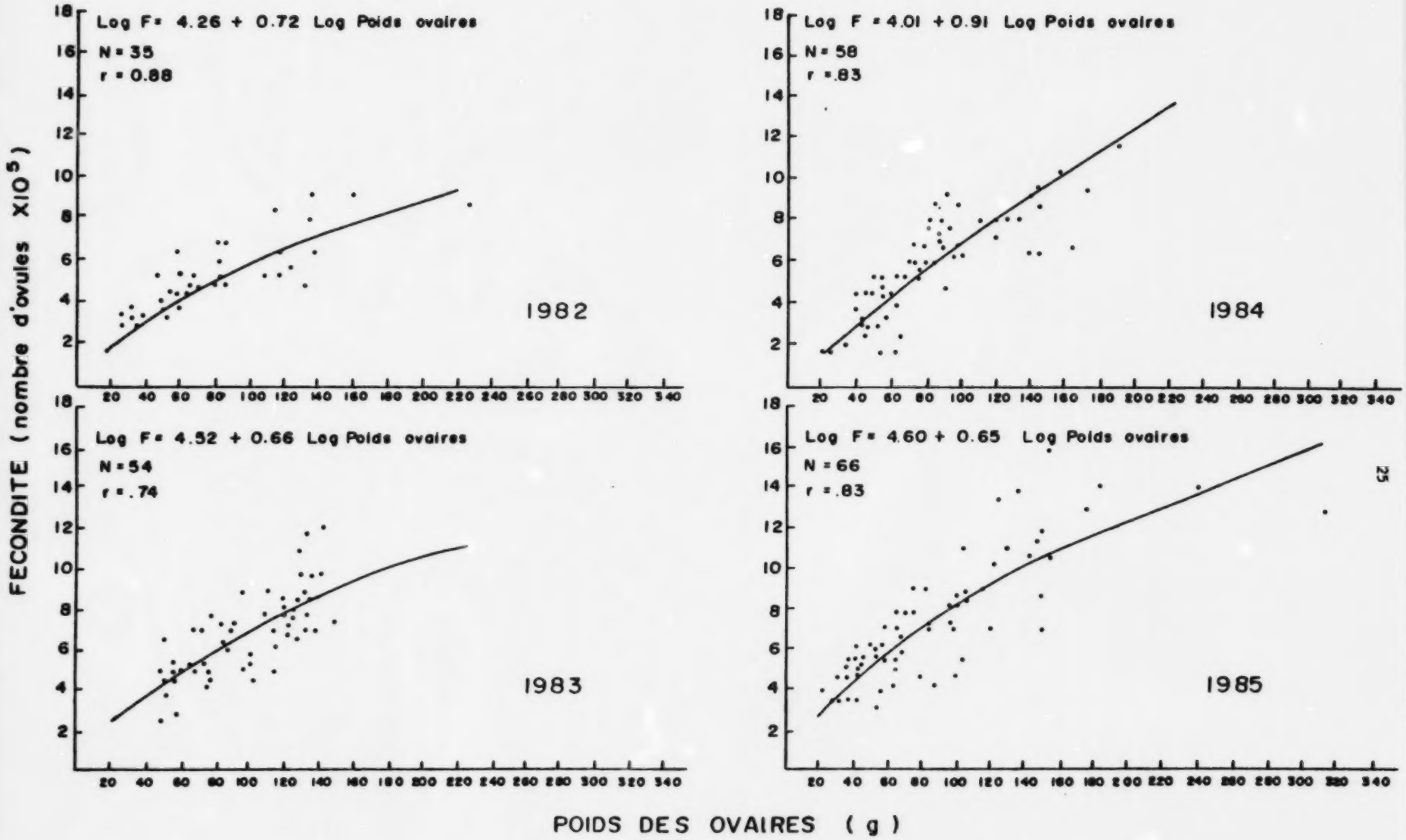

Fig. 8 Relation entre la fécondité et le poids des ovaires de stade de maturité V pour les années 1982, 1983, 1984 et 1985.

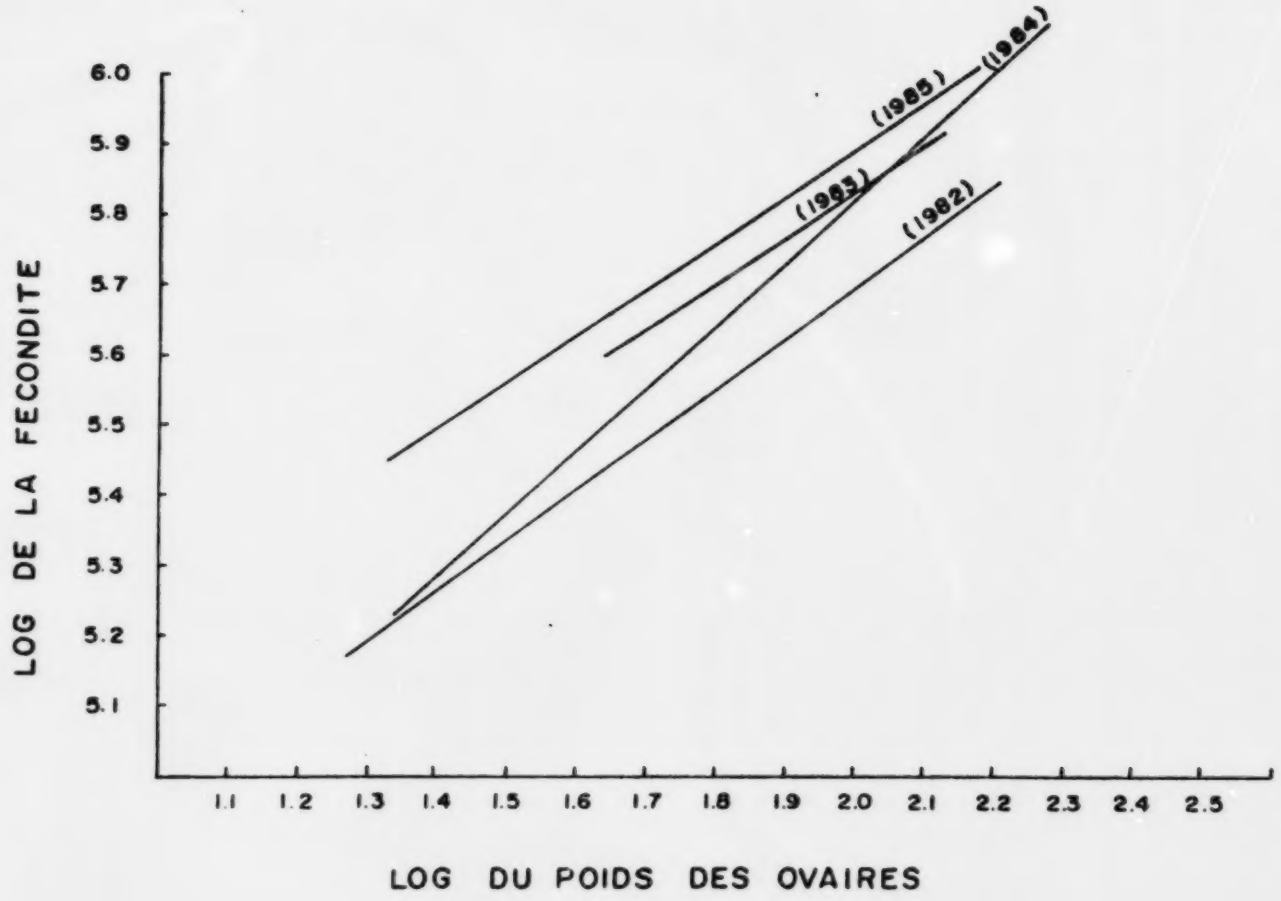

Fig. 9 Droites de régression entre le log de la fécondité et le log du poids des ovaires de stade de maturité V pour les années 1982, 1983, 1984 et 1985.

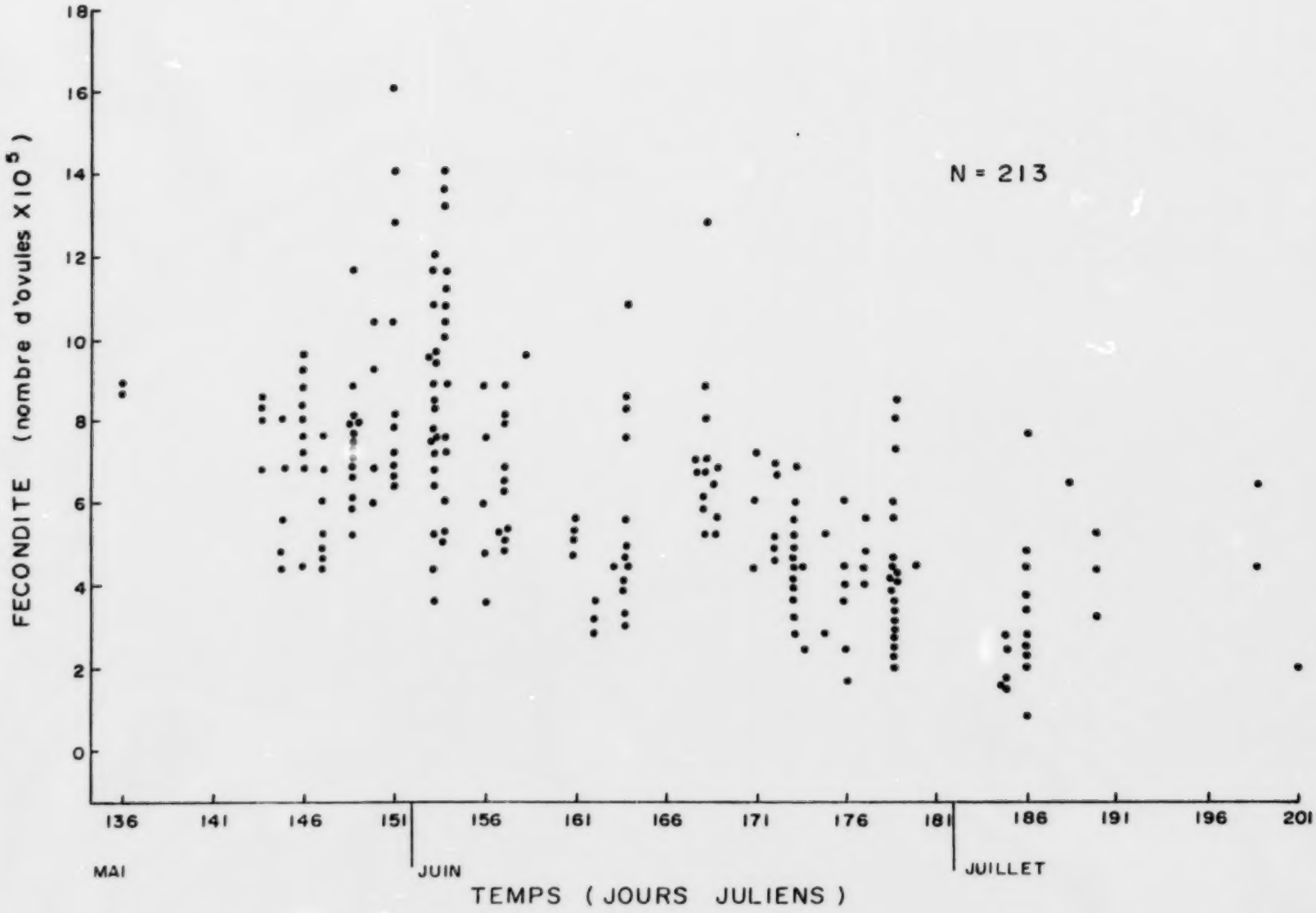

Fig. 10 Relation entre la fécondité et la date de capture du poisson de stade de maturité V pour les quatre années d'études regroupées.

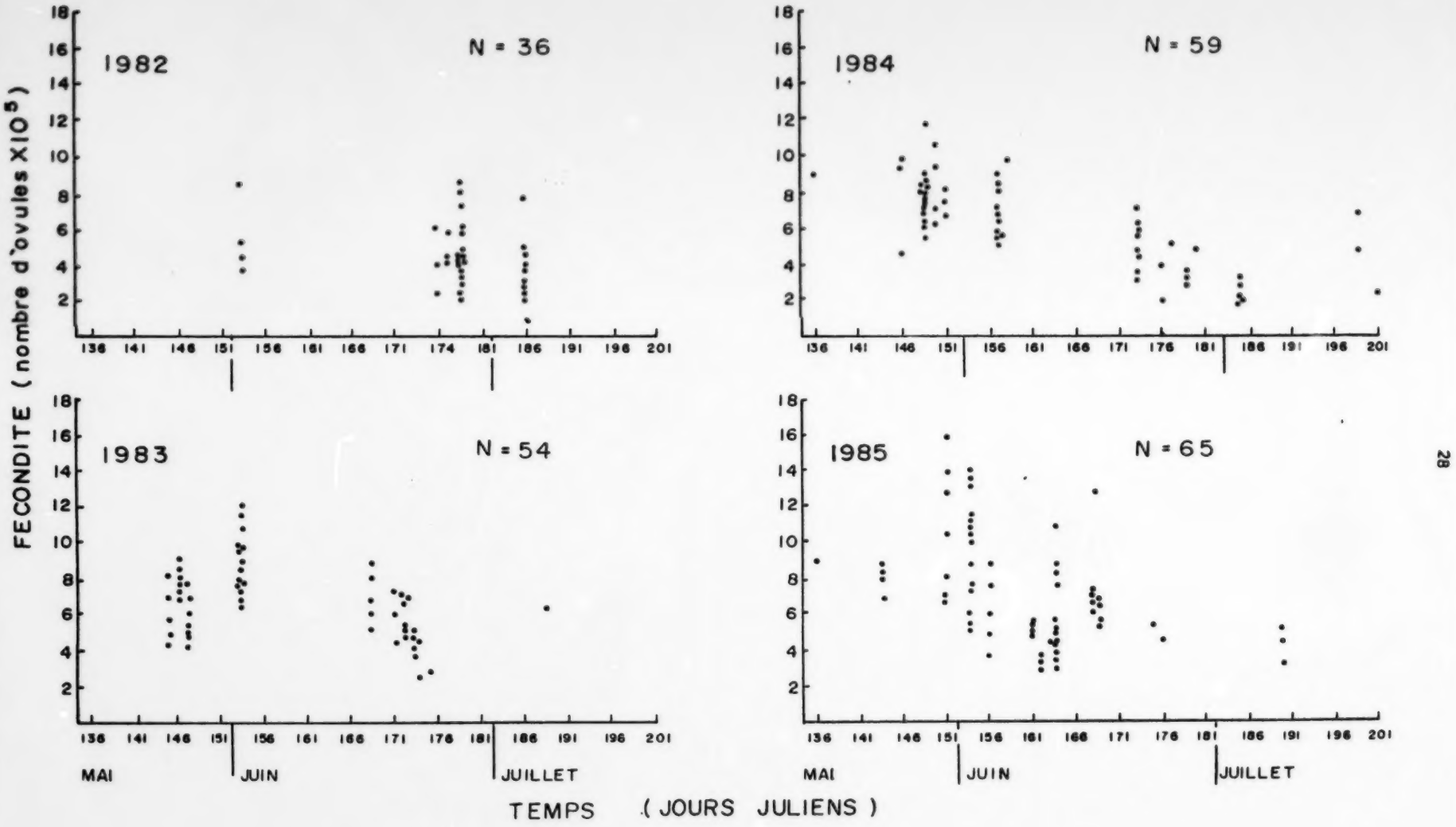

Fig. 11 Relation entre la fécondité et la date de capture du poisson de stade de maturité V pour les années 1982, 1983, 1984 et 1985.

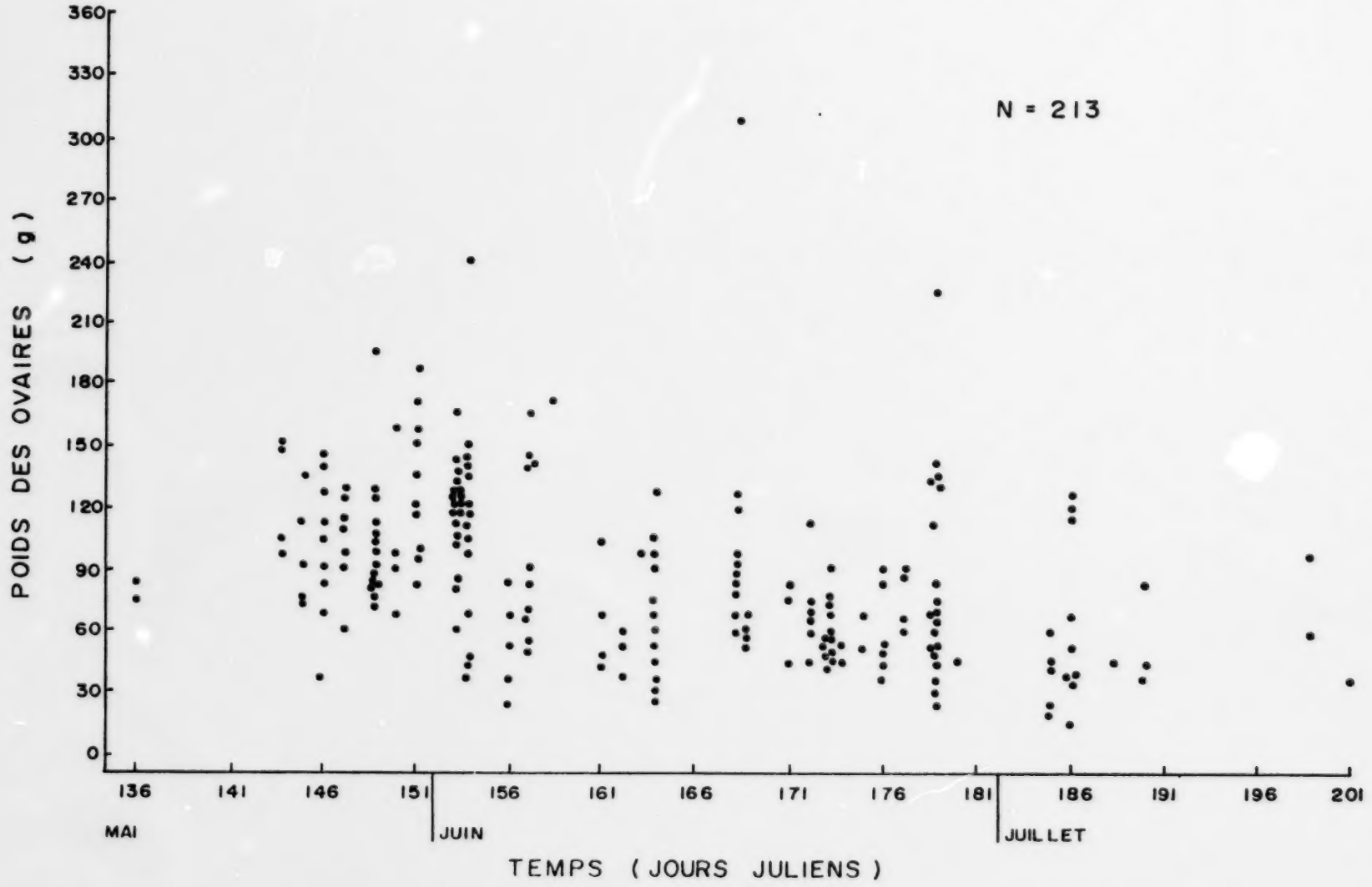

Fig. 12 Relation entre le poids des ovaires de stade de maturité V et la date de capture du poisson pour les quatre années d'études regroupées.

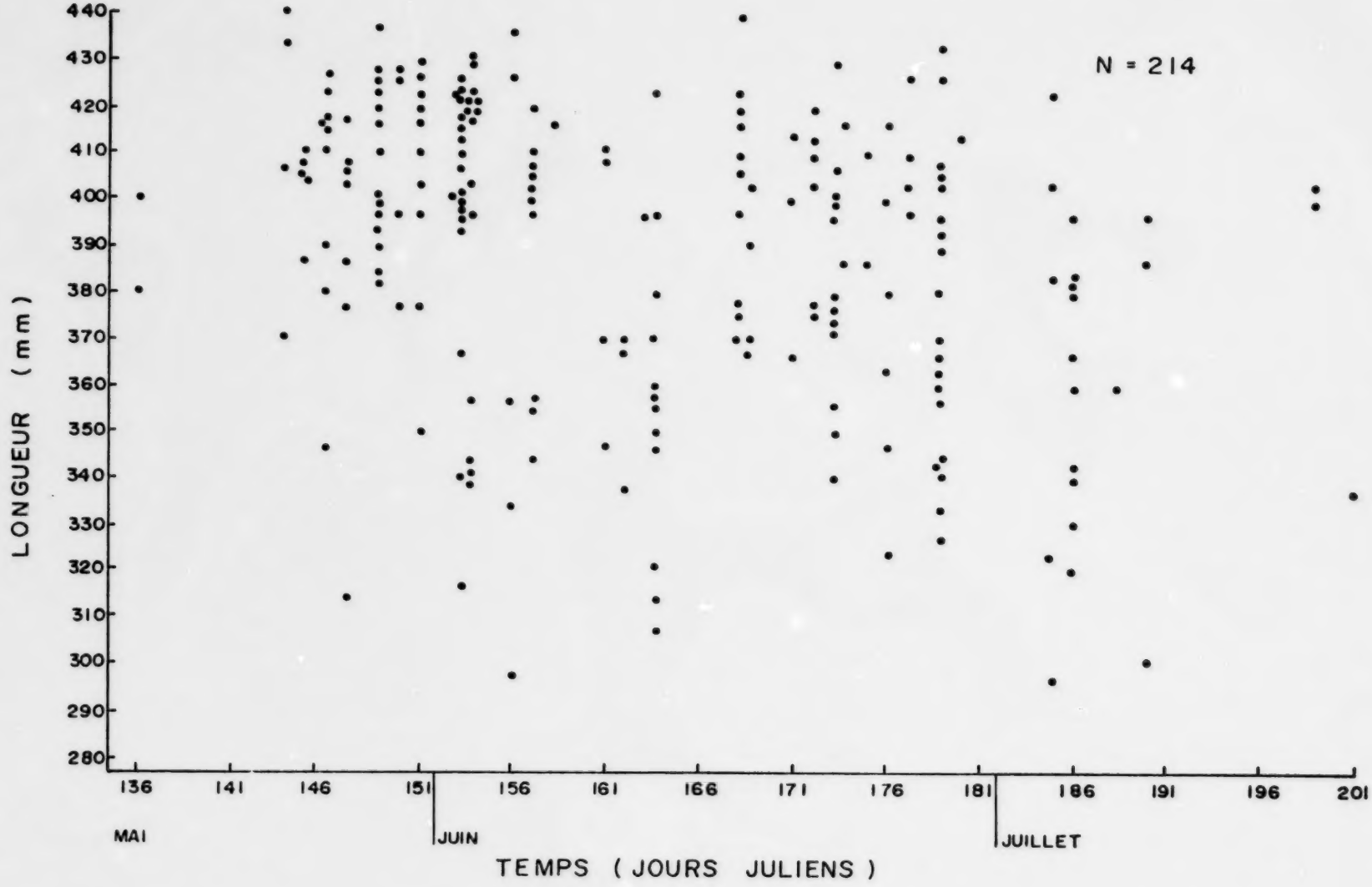

Fig. 13 Relation entre la longueur des poissons de stade de maturité V et la date d'échantillonnage pour les quatre années d'études regroupées.

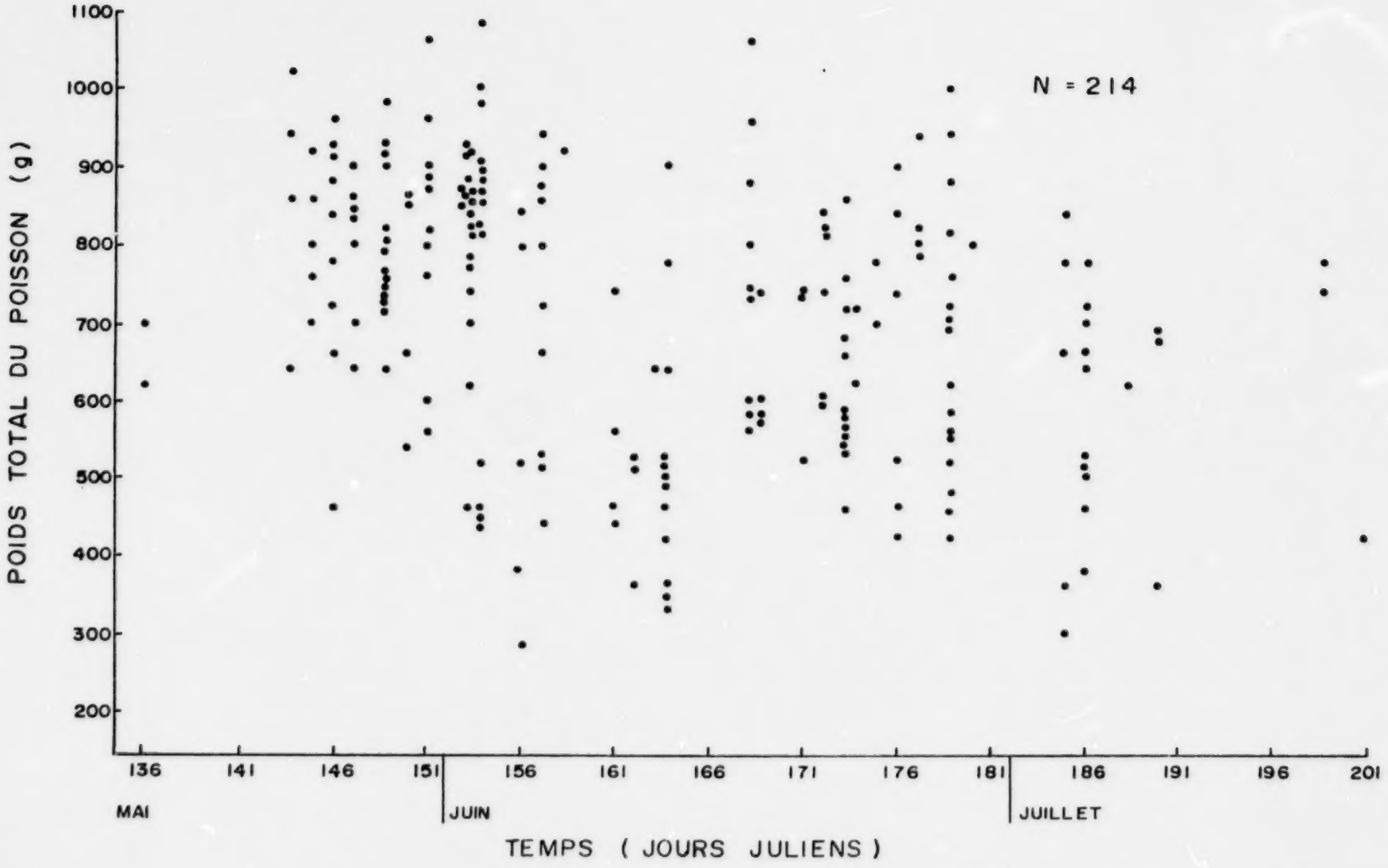

Fig. 14 Relation entre le poids total du poisson de stade de maturité V et la date de capture pour les quatre années d'études regroupées.

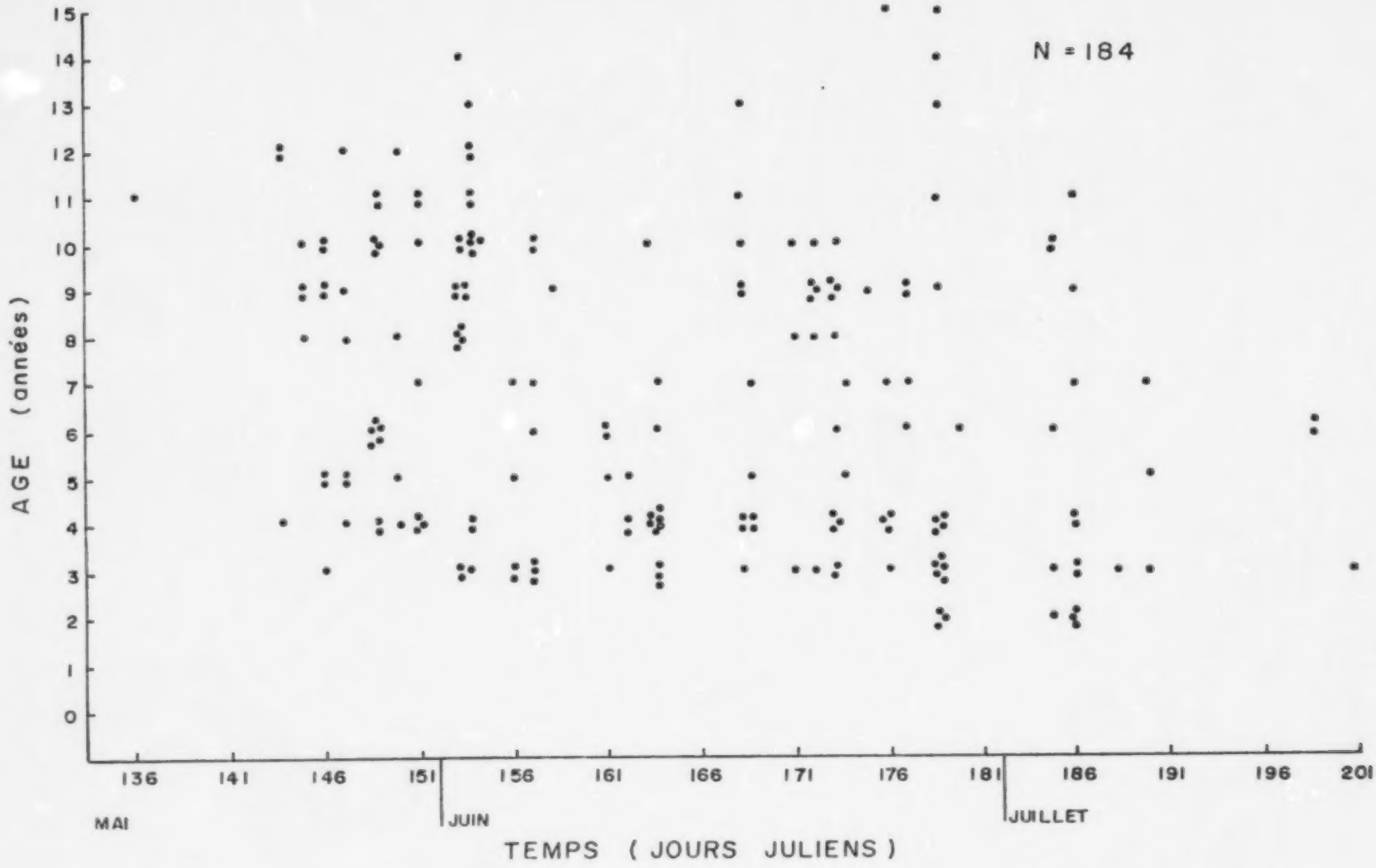

Fig. 15 Relation entre l'âge du poisson de stade de maturité V et la date d'échantillonnage pour les quatre années d'études regroupées.

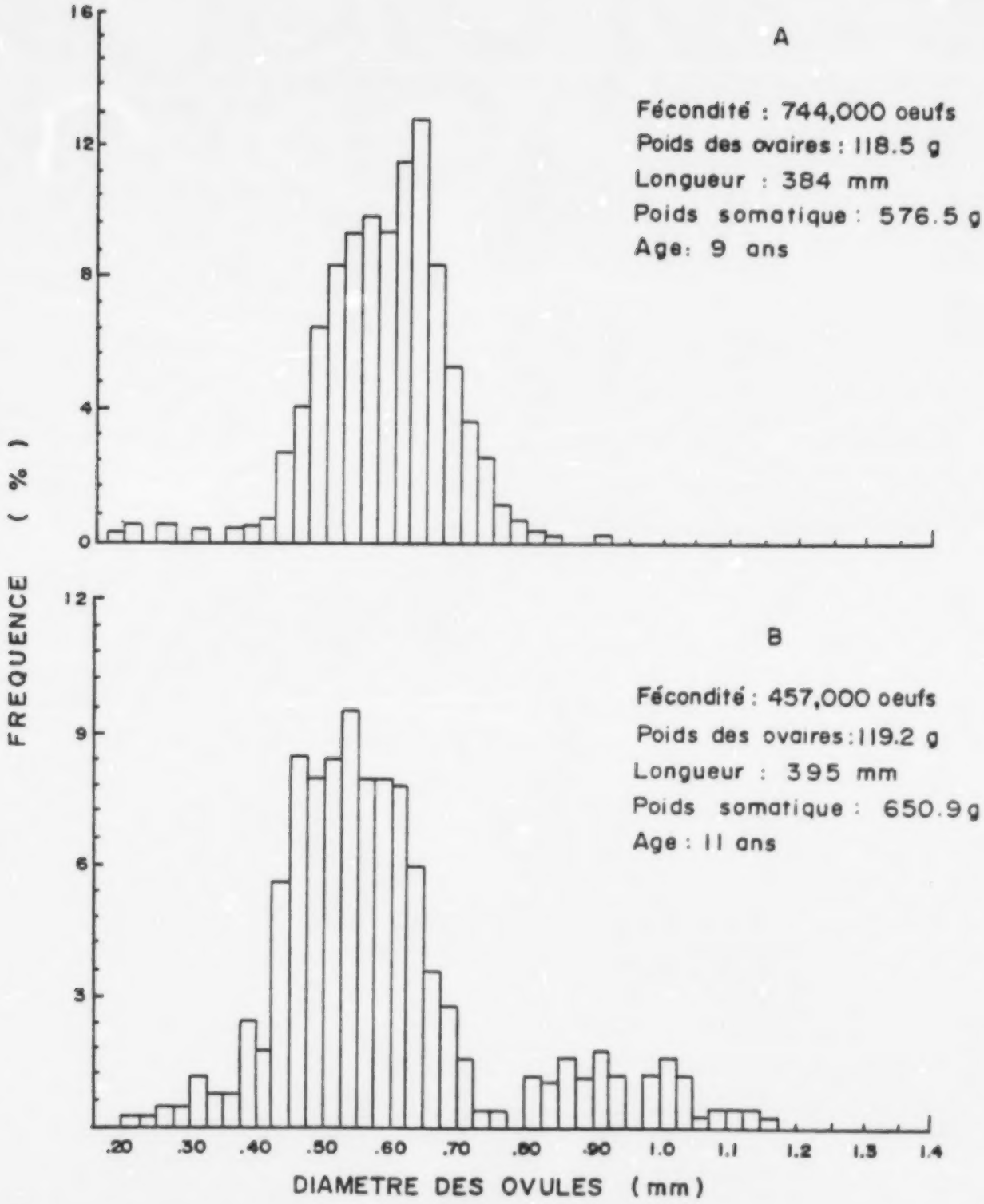

Fig. 16 Fréquence de diamètres des ovules contenus dans des ovaires de stade de maturité V de même poids.

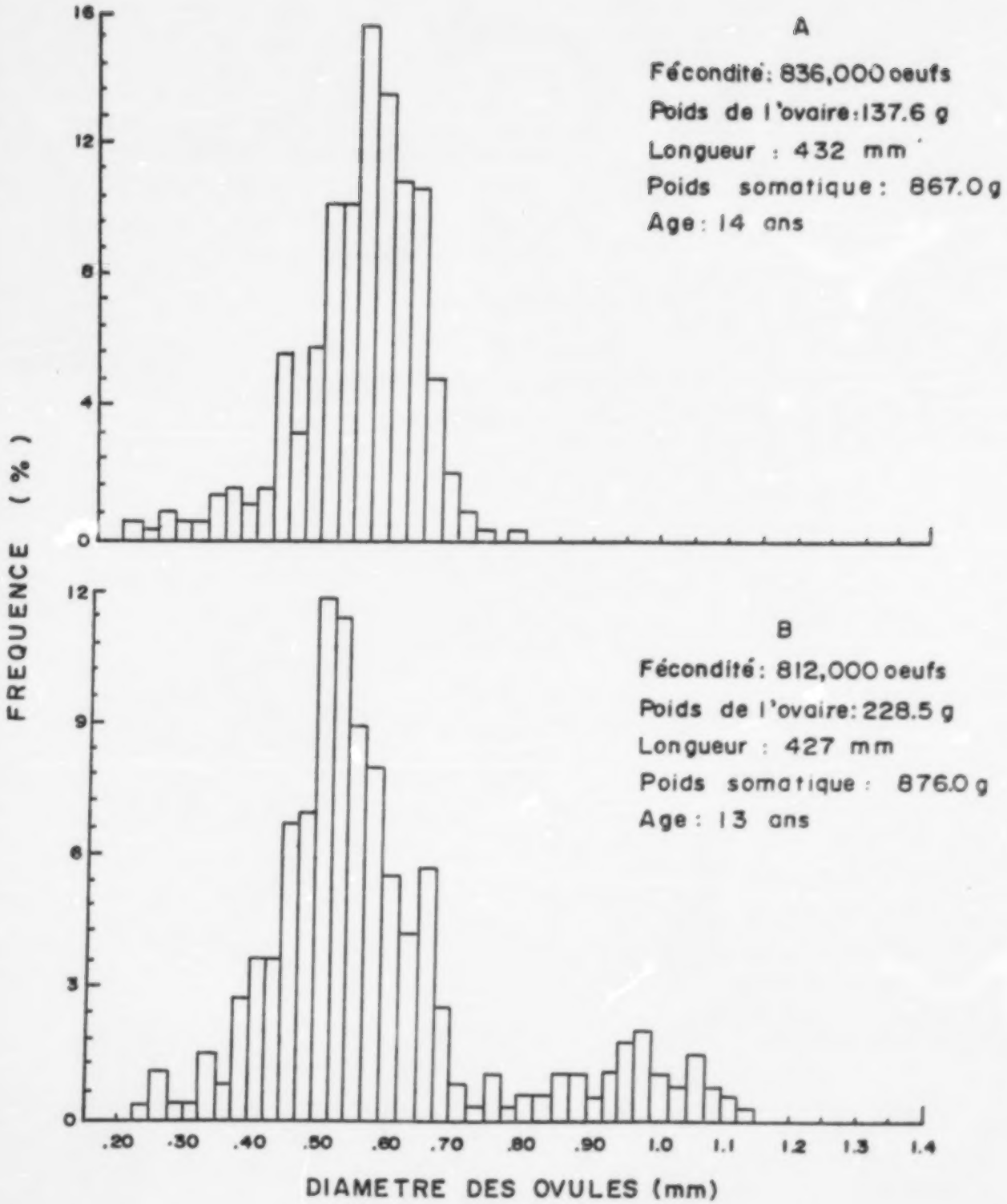

Fig. 17 Fréquence de diamètres des ovules contenus dans des ovaires de stade de maturité V pour des poissons de fécondité identique.

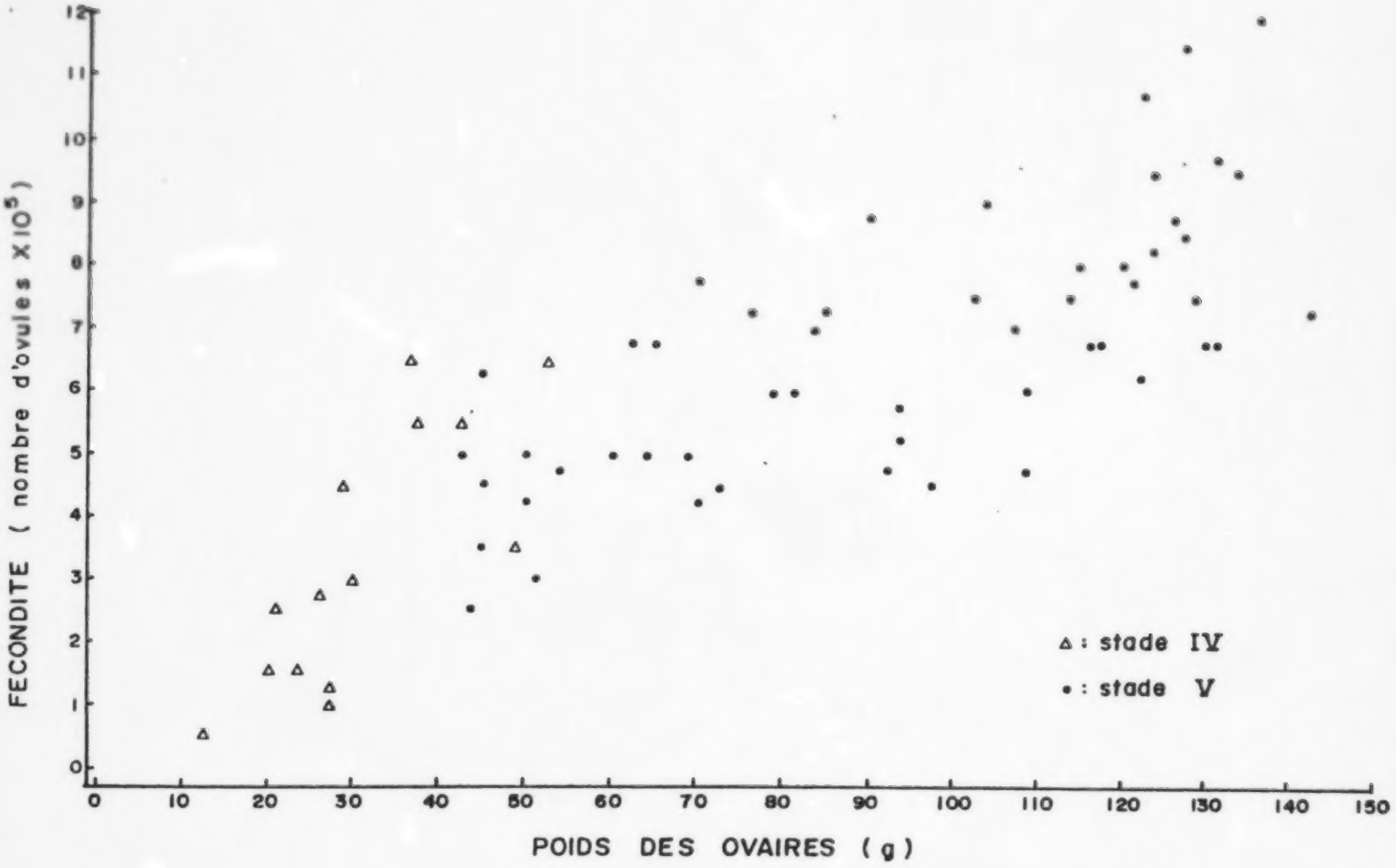

Fig. 18 Relation entre la fécondité et le poids des ovaires de stades de maturité IV et V pour l'année 1983.

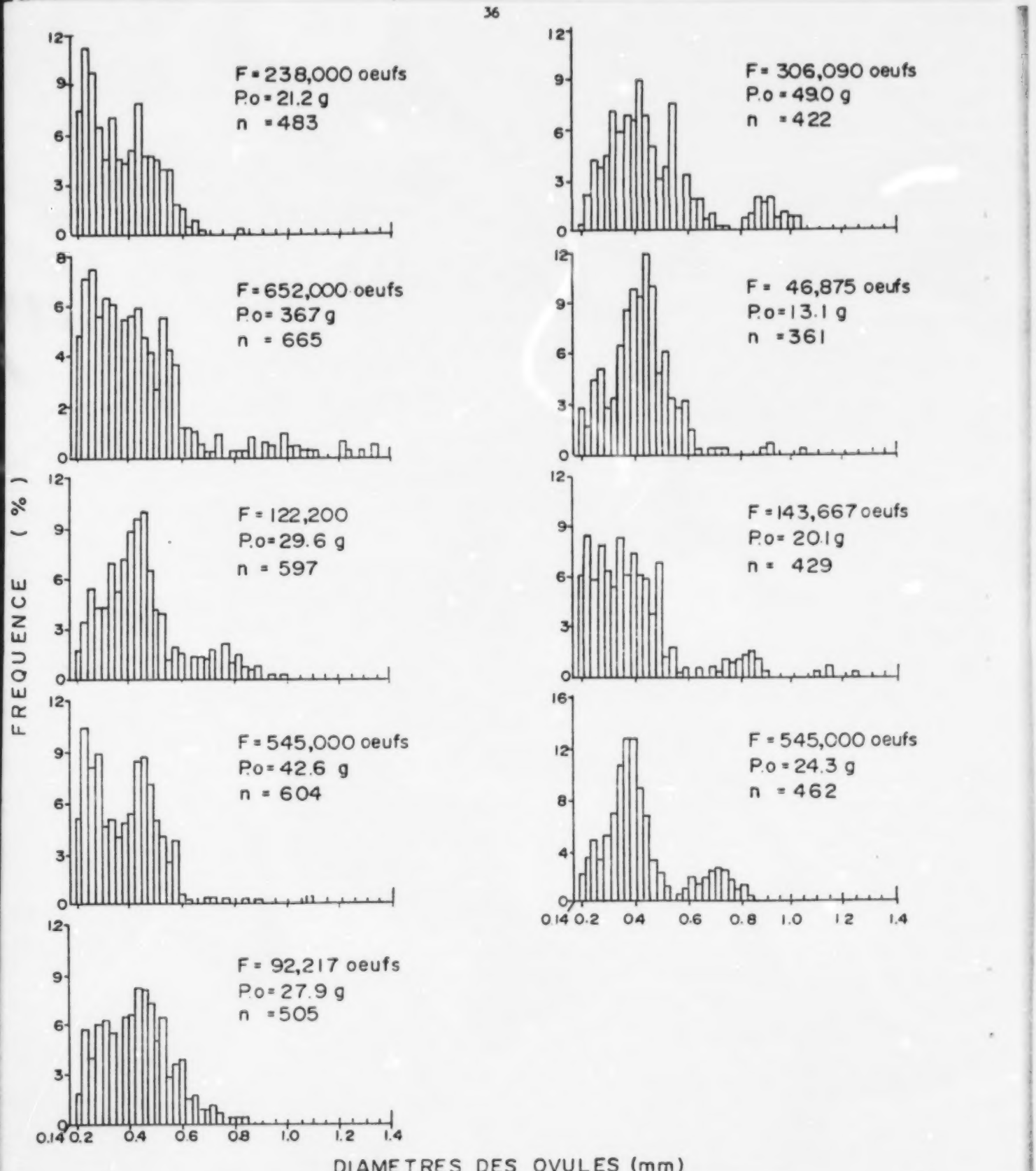

Fig. 19 Fréquences de diamètres des ovules dans des ovaires de stade de maturité IV.

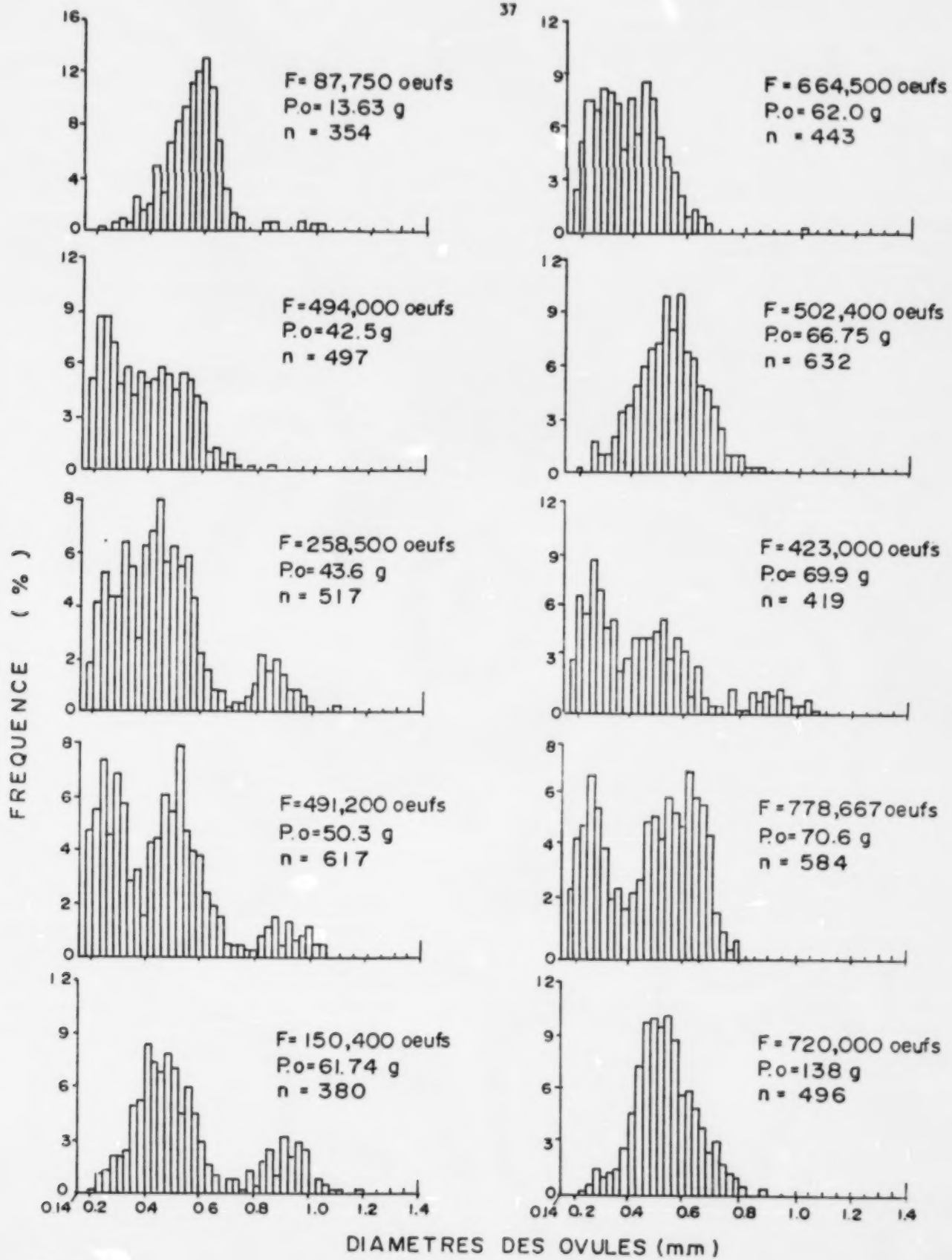

Fig. 20 Fréquences de diamètres des ovules contenus dans des ovaires de stade de maturité V.